舶用機器におけるヒューマン・エレメントに関する研究動向調査

２００７年3月

社団法人 日　本　舶　用　工　業　会

刊行によせて

当工業会では、我が国の造船関係事業の振興に資するために、競艇公益資金による日本財団の助成を受けて、「造船関連海外情報収集及び海外業務協力事業」を実施しております。その一環としてジェトロ船舶関係海外事務所を拠点として海外の海事関係の情報収集を実施し、収集した情報の有効活用を図るため各種調査報告書を作成しております。

本書は、当工業会が日本貿易振興機構と共同で運営しているジャパン・シップ・センター舶用機械部にて実施した「舶用機器におけるヒューマン・エレメントに関する研究動向調査」の結果をとりまとめたものです。

関係各位に有効にご活用いただければ幸いです。

2007年3月
社団法人　日本舶用工業会

はじめに

情報化技術がめまぐるしく進歩する中、舶用機器、特に、航海機器分野においては、関連技術の進展と人員を含めた船舶内の機能集約化により、航海機能を統合した統合航海システム（Integrated Navigation System: INS）や、この INS 機能に加えて機関の制御、運航管理機能についてブリッジで一元的に管理する統合船橋システム（Integrated Bridge System: IBS）の研究開発が進んでいます。一方で、INS、IBS 等新たな機器･システムの普及にあたっては、既存船への新システム設置（レトロフィット）が不可欠となりますが、レトロフィット後のシステムが有効に機能するためには「ヒューマン・エレメント（Human Element)」の考慮が重要となり、システムが進化すればするほど、人間と機械のインターフェイスの問題が大きくなります。

現在、海難事故の大半が、機器そのものが原因ではなく、ヒューマン・エラーであるとされており、航行安全性を考えた場合、「ヒューマン・エレメント」は船舶のシステム・デザインとオペレーションの全ての側面において重要なファクターであると認識されています。

2003 年 6 月に終了した、EU が助成する欧州の主要研究開発プログラム（Framework Program: FP）の一つである「ATOMOS プロジェクト」では、「ヒューマン・エレメント」を考慮した最新機器統合システム「Ship Control Centre」のコンセプトが開発され､その成果は､現在､第 6 次 FP(2003～2007 年)においても､ADOPT､DSS-DC、SAFECRAFT 等船舶の設計、操船等における意志決定支援システム等の研究開発プロジェクトに受け継がれています。また、「ATOMOS プロジェクト」の成果は、IMO/MSC 等において英国より舶用機器の今後の規制と性能標準化に資するものとして提案されており、今後、INS や IBS などの性能要件の強制化に向けた見直しの際に、「ヒューマン･エレメント」に関連する分野において、英国をはじめとする欧州企業が主導的な立場を得る可能性が高く、その動向を注視する必要があります。

本報告書は、これら欧州の研究開発動向を調査し、欧州における「ヒューマン・エレメント」に関連する舶用製品の現状と技術開発の傾向をとりまとめたものです。

本報告書が関係各位のご参考となれば幸いです。

ジャパン･シップ・センター　舶用機械部
ディレクター　山下裕二
リサーチ・オフィサー　ドミニク・エムリー

目　次

1.　ヒューマン・エレメントの重要性

1.1 調査の目的

ヒューマン・エレメントは船舶のシステム・デザインとオペレーション全ての側面において重要なファクターである。本調査では、主に欧州の研究開発動向を調査することにより、今後の規制・基準の策定も含めた舶用産業の技術動向を把握し、わが国舶用工業の対応方策決定における参考資料を提供する。

1.2 背景

海事産業においては、ヒューマン・エレメントは比較的新しい概念である。なぜなら、これまで技術の発展により、船舶の安全性は自ずと改善すると考えられていたからである。

第二次大戦以後の技術発展はめざましく、海事分野でも技術革新に焦点が当てられていたことは不思議ではない。急激な技術発展により、船舶は大型化、高速化し、搭載されている舶用機器は高度化した。このような状況の中、船舶及び船舶運航の安全性は、船体と舶用機器の更なる技術進歩によって改善されるものであると考えられていた。

実際、技術の発展により海難事故の件数は大幅に減少した。しかし、それでも海難事故は発生する。統計によって異なるが、現在では海難事故の約 80%は、少なくとも部分的に人為的ミス＝ヒューマン・エラーが原因であるとされている。

海難事故は、人命への危険はもちろん、貨物の損失やイメージ低下といった企業へのダメージを引起すだけではなく、最近では海難事故の環境への影響も世界的な問題となっている。また、船舶の大型化に伴い、海難事故のスケールが更に大きくなる危険性もある。

海事産業で、ヒューマン・エラーの防止を目指したヒューマン・エレメントの研究が本格化したのは 1980 年代後半以降である。また、1989 年 3 月にアラスカ沖で史上最悪の油濁事故を起こした Exxon Valdez 号事件は、明らかにヒューマン・エラーに起因するものであったため、事故原因としてのヒューマン・エレメントが注目を集め、海事産業のヒューマン・エレメント研究は緊急性を増した。

一方、原子力発電や航空機等の他産業では、それより前からヒューマン・エレメントの研究が行われており、海事産業のヒューマン・エレメント研究や規制環境にも影響を与えている。

例えば、原子力発電業界では、1979 年 3 月に発生した米国ペンシルバニア州のスリーマイル島事故以後、複雑な作業過程におけるヒューマン・エラーの認識と予測を目的とし、システム全体のリスクに対し、人間の作為あるいは無作為がどのようにかかわるかを定量的に表す人間信頼性評価（Human Reliability Assessment：HRA）手法が開発され、全世界の原子力発電所のリスク評価にその利用が義務付けられた。1980 年代にはヒューマン・エラーの原因、形態、結果に関する理解が深まり、HRA 手法もさらに発達した。さらに 1990 年代には、ヒューマン・エラー発生における組織的影響やメンテナンスの影響等の外的要因の研究が進んだ。

1.3 ヒューマン・ファクターの定義

ヒューマン・ファクターとは、「人間が作ったシステムがうまく動くようにすることに対する人間の努力や能力を示す」と定義されている[1]。ヒューマン・ファクター研究の背景には、これまで人間の特性を知らないままに機械を作り、それを人間に操作させ、機械を安全に操作させるために人間を教育してきたが、それでは事故は減らないという認識がある。そこで発想を転換し、まず人間の特性を十分に理解し、事故が起きないような機械、環境、マニュアルを作るということが、研究の趣旨である。

現在、一般的にはヒューマン・ファクターとは、「機械やシステムを、安全に、しかも有効に機能させるために必要とされる、人間の能力や限界、特性などに関する知識の集合体」[2] であり、ヒューマン・エラーとは、「達成しようとした目標から、意図せずに逸脱することになった、期待に反した人間の行動」で、人間の不注意や過失を含む人的ミスである。

ヒューマン・ファクター、ヒューマン・エレメントの研究の多くは、ヒューマン・エラーの発生及び再発防止に焦点を当てている。事故防止は、人間を罰することではなく、システムの変更、機器の改善、手順の変更、組織の変更等によって可能だからである。

人間と機械の関係では、ヒューマン・マシン・インターフェイス、及びヒューマン・マシン・インターフェイスを向上させるために人間の特性を設計、開発、評価に完全に統合した人間工学（エルゴノミックス、ヒューマン・エンジニアリング）や人間中心設計の研究が盛んになっている。

また、船舶を含む公共交通・輸送機関分野では、常にユーザーもオペレーターも常に人間が介在する。ユーザー＝乗客とオペレーター＝乗組員の相互関係は、トレーニングや人間行動の特性等のヒューマン・ファクターに大きく影響されるため、機械と人間の関係に加えて、人間同士の関係におけるヒューマン・ファクターの考慮も重要である。そのため、広義のヒューマン・ファクターの研究は、労働環境やトレーニングといったヒューマン・リソース（人材、人的資源）分野にも及んでいる。

1.4 ヒューマン・ファクターとヒューマン・エレメント

ファクター：要素、要因、係数、因数、因子。語源はラテン語の「事実」
エレメント：要素、元素、構成分子、本領、本質。語源はラテン語の「第一原則」

ヒューマン・ファクターとヒューマン・エレメントという用語には、一般的に使用されている明確な定義はなく、ほぼ同じ意味で使われている。

しいて言えば、英語では、数えられる「ファクター」という単語は個々の人的要因、複数形のない「エレメント」は人間に関連する集合的な原則を示していることが多い。かつては「ヒューマン・ファクター」の使用例が多かったが、最近では IMO（国際海

---

[1] ヒューマン・ファクター概念に基づく海難・危険情報の調査活用等に関する調査研究　中間報告書、海難審判協会、2002 年
[2]「ヒューマンファクタ分析ハンドブック」宇宙開発事業団 2002 年

事機関）を始め、「ヒューマン・エレメント」という用語の使用例が増えつつある。
しかし、海事産業ヒューマン・エレメント関連レポートを定期的に発行する「Alert!」誌では、ヒューマン・ファクターとは「人間と人間が置かれている環境（特に職場環境）との相互関係に関する科学的知識の集合体」[3]であるとし、ヒューマン・ファクターをヒューマン・エレメントまたはヒューマン・エラー、ヒューマン・リソースの同義語として使用するのは間違いであると指摘する。
本調査では、人間に関する、または関与する分野における広い意味での研究を調査対象とし、「ファクター」と「エレメント」の用語の取り扱いは、基本的に、参照した文献、資料でそれぞれ使われている用語によることとした。

[3] http://www.he-alert.org/documents/newsletter/Alert!_2.pdf

2. ヒューマン・エレメント関連規制の動向

2.1 IMO

2.1.1 概要

従来、IMO（国際海事機関）は、基本的に船舶及び海事産業の技術面の標準や規制を担当する機関であった。しかし、1980 年代以降、大型タンカー事故に加え、Herald of Free Enterprise 号事故（1987 年）、Scandinavian Star 号事故（1990 年）、そして Estonia 号事故（1994 年）という多くの犠牲者を出したフェリー事故が相次ぎ、技術規制だけでは事故を防ぐことは不可能であるとの認識が高まり、船舶運航管理体制、人間の行動の特性、トレーニング、ヒューマン・エラー等に関するヒューマン・エレメントの研究と関連規制の制定が急務となった。[4]

IMO は、ヒューマン・エレメントを船舶の安全と海事環境の保全に影響する多次元で複雑な問題であると捉え、そのヒューマン・エレメント関連研究や規制はヒューマン・エラーの防止を目的としている。IMO の政策目標は以下の通りである。

- IMO の全委員会、小委員会における政策及びガイドライン制定において、系統的なヒューマン・エレメントの考慮を行う。
- 既存の IMO 条約、規制、政策に関し、ヒューマン・エレメントの側面からの総合的な見直しを行う。
- ヒューマン・エレメント原則を確立し、海事安全性や環境保護を促進する。
- 規制枠外においても、ヒューマン・エレメント原則を用いたソリューションの開発を促進する。
- 海難事故及び他分野における事故調査を含むヒューマン・エレメント関連の研究活動を促進し、その結果を利用する。
- 船舶運航におけるヒューマン・エレメントとその重要性に関する船員の認識と教育を改善する。

IMO が制定したヒューマン・エレメント関連の国際規制やガイドラインの代表的なものには、以下が挙げられる。

- SOLAS 条約（海上における人命の安全のための国際条約）
- ISM コード（船舶の安全航行及び汚染防止のための国際管理規約）
- IMO 規則策定プロセスにおけるヒューマン・エレメント分析プロセス（Human Element Analysing Process : HEAP）及び総合安全性評価（Formal Safety Assessment : FSA）の使用に関する手引き（MSC/Circ.1022, MEPC/Circ.391）
- 「ヒューマン・エレメントのビジョン、原則及び目標」（IMO 総会決議 A.850(20)で採択、A.947(23)で改訂）

また、ヒューマン・リソースを含めた広義のヒューマン・エレメント関連規制とし

---

[4] IFSMA Policy Document 2005

ては、次のような条約、規制がある。

- COLREG 条約（海上における衝突の予防のための国際条約）
- STCW 条約（船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約）
- ISPS コード（International Ship and Port Facility Security Code : 船舶及び港湾施設の国際保安コード）

2.1.2 SOLAS 条約

SOLAS 条約は船舶及び船舶運航の安全性に関する IMO の基本条約であるが、特に V 章「航行安全性」はヒューマン・エレメントを考慮した航行安全性に関する規定である。その中でも第 15 規則は、ブリッジと航海機器の役割、及び操作手順の関係を定義したマリン・エンジニアリング及び造船セクターに人間工学を導入した初の統合的アプローチである。

第 15 規則に関連する IMO ガイドラインとしては、以下の例がある。

- 「ブリッジ機器とレイアウトにおける人間工学上の基準に関するガイドライン」（IMO MSC/Circ.982、2000 年）
- 「新技術導入に関する考慮事項」（IMO MSC/Circ.1091、2003 年）[5]

また、最近の動向としては、ATOMOS プロジェクト（後述）の成果を舶用機器の規制と性能標準化に資するものとして「e-Navigation」（後述）が提案されている。

2.1.3 ISM コード

1994 年に SOLAS 条約 IX 章として採択された ISM コード（船舶の安全航行及び汚染防止のための国際管理規約）は、1998 年に客船、タンカー、高速船に義務化され、2002 年には、SOLAS 条約と同じく、外航に従事する 500 総トン以上の全商船に適用が拡大された。

IMO のヒューマン・エレメント関連の主な政策のひとつである ISM コードは、船舶運航の安全性向上には、陸上からの支援と管理が不可欠であるとし、船舶運航に関するヒューマン・エレメントの管理システムに主眼を置いている。その目的は、①船舶運航と安全性と労働環境の向上、②リスクの防止、③緊急時を含めた安全対策とスキルの改善—である。

ISM コードでは、船社・船主に対し、船舶運航の安全性管理システムを構築、支援することを義務付けている。各社は船舶運航の安全管理に責任を持つ陸上員を任命しなければならない。管理責任者は、各船舶の運航安全性と環境汚染防止の状況をモニタリングし、陸上からの必要な人的、物質的支援を行う義務がある。

---

[5] http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D7578/1091.pdf

2.1.4 STCW 条約

IMO はヒューマン・エレメントを考慮した既存条約見直しの一環として、1995 年に 1978 年 STCW 条約（船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約）を改正し、同条約は 1997 年に発効した。

改正された STCW 条約では、各船員の異なったタスク（役割、仕事分担）に対し、それぞれ必要な知識と理解の程度の詳細、及びその遂行能力の測定方法と評価方法を定めた。

これに関連して、船員の訓練を行い、必要な資格を授与する訓練機関及び訓練担当者のレベル管理の必要性が議論されており、2006 年 5 月、IMO 海上安全委員会（MSC）は、今後の新たな STCW 条約改正を提案した。

IMO は漁船の船員を対象とした STCW-F 条約も提案しているが、現時点では未発効である。

また、IMO は STCW 条約に加え、ヒューマン・エラー防止を目指した船員の疲労軽減と管理に関する手引き（Guidance on Fatigue Mitigation and Management, MSC/Circ.1014）を定めている。

2.1.5 IMO ヒューマン・エレメント原則

個々の条約改正以外の IMO の総合的なヒューマン・エレメント研究及び啓蒙活動としては、1991 年に、海難事故におけるヒューマン・エレメントの役割を検証する作業部会が設立され、ヒューマン・エレメントを考慮した海難事故調査に関するガイドラインを策定した。

また、1997 年、IMO は決議 A.850「ヒューマン・エレメントのビジョン、原則及び目標」（2003 年に決議 A.947 として改訂）を採択し、船舶の安全航行のためにはヒューマン・エレメントへの対応を強化すること、及び海難事故の大幅削減を目指し、安全性と環境保護の水準を高める必要性を再確認した。同決議は、海事産業の主なステークホルダー、即ち IMO、船主、船舶管理者、船員に対し、ヒューマン・エレメントへの認識と理解を向上させることも目標としており、その具体例としては前述の ISM コード、STCW 条約等が含まれる。

2002 年には、IMO 海上安全委員会（MSC）が、ヒューマン・エレメント作業部会によるレポートを検討し、1998 年以降のヒューマン・エレメント対策のアップデートを行った。MSC は、全ての委員会、小委員会に、それぞれの担当分野に引き続きヒューマン・エレメントの考慮を行うことを指示した。

MSC は特に以下の分野における更なるヒューマン・エレメントの考慮の必要性を強調している。

①船舶に搭載される機器及び取扱説明書の適切性の基準見直し。これには使用言語の簡易化と標準化を含む。また、新製品の性能基準及び性能基準の改正に際しては、ユーザー・フレンドリーさ、機器使用の安全性、安全設備の標準化、アップデートされた明確でわかりやすいマニュアルの添付を促進する。

②船舶運航に関するガイドラインの適切性の基準見直し。

③船内で使用されるシンボルやサインの簡略化と標準化。
④IMO が規制やガイドラインで使用する用語、例えば「適切性」、「十分な」「管理当局が満足する」等を的確でわかりやすい表現にする。

2006 年 5 月、MSC と MEPC（海洋環境保護委員会）の共同ヒューマン・エレメント作業部会は、IMO 決議「ヒューマン・エレメントのビジョン、原則、及び目標」の実現を目指し、以下の政策を採択した。

- IMO 内の各委員会が考慮すべきヒューマン・エレメント問題のチェックリスト。
- IMO 内の活動、作業へのヒューマン・エレメント関連情報のインプットを強化。
- IMO による人間工学、労働環境への考慮に関するフレームワーク。
- 行動計画を含む IMO のヒューマン・エレメント政策。今後の研究、関係者からのフィードバック、事故報告・原因分析等により、引き続き改善、更新してゆく。

行動計画には以下の項目を含む。

- ヒューマン・エレメント政策と行動計画のメンテナンス。
- 海難事故レポート：事故分析により、ヒューマン・エレメント問題を指摘。
- ヒューマン・エレメントの知識の効果的利用を目指した IMO 委員会、小委員会の活動の見直し。
- 既存の IMO 条約、規制のヒューマン・エレメントを考慮した見直し。まず、ひとつの例を選択し、トライアルとしての見直しを行う。
- 企業の安全性文化と環境保護意識の向上を目指したガイダンス。
- 人間工学：船舶運航の安全のために最も重要なファクターはヒューマン・オペレーターとしての船員である。その職場環境は大きく異なり、事故防止には人間工学に関する指針が必要である。
- ニアミス情報収集：関係者から事故以外のニアミス、インシデント情報を収集・分析し、事故防止に役立てる。また、ニアミス、インシデント情報の効果的なレポーティング方法を検討。
- 疲労対策：船員の疲労防止に関する IMO ガイドラインは既に採択済み。
- 船員への情報伝達：船内作業中の船員に、重要情報を明確、簡潔かつユーザー・フレンドリーに伝達する方法を模索。
- 環境保護意識の向上：トレーニング等の方法により、船員の海洋エコシステムの保全と持続性のある海運に関する意識を向上させる必要性がある。
- 安全管理システム：船舶運航の安全性に対するヒューマン・エレメントの影響を定量化し、安全管理システムに組み込む。船内及び管理者によるヒューマン・エレメント管理の効率を評価するヒューマン・エレメント評価ツール（HEAT）の開発。
- 船舶安全性の指標化：事故の分析と予測、ヒューマン・エラーと組織エラー、構造的及び設計面におけるエラー、環境性、電磁妨害（Electro Magnetic

Interference：EMI）等の問題の分析を組み込んだ船舶安全性評価。

3. 海難事故とヒューマン・エラー：関連機関によるヒューマン・エレメント研究動向

3.1 概論

2005 年に実施された調査[6]では、海難事故原因の 80～85％が、技術的問題ではなく、ヒューマン・エラーであるという分析結果が出ている。同調査は、米国、英国、カナダ、オーストリア、ノルウェーの海難事故データベースを分析したもので、主な結果は以下の通りである。

①海難事故総数は減少傾向にあるが、ヒューマン・エラーが事故原因の 80～85％を占めている。
②その大部分は的確な状況認識と評価の失敗である。
③状況認識の失敗は、多くの場合、乗組員の疲労と職務怠慢に起因する。

航空産業等の運輸セクター、軍事産業、危険物を取り扱う化学・薬品産業等の特に安全性を重視する産業セクターでは、早くからこれらの点に着目し、適切なトレーニング方法とリソース・マネジメントを開発してきた。しかし、海運セクターにおけるトレーニングは、伝統的に技術の習得を中心としており、非技術面でのトレーニングへの取り組みは、最近始まったばかりである。[7]

また、海難事故の原因としてのヒューマン・エレメントに関する分析も、他産業に比べ遅れている。保険会社や船級協会等はヒューマン・エラーを事故原因として分類しているが、そのトレンドやパターンの科学的かつ体系化された研究分析は未だ初期段階にある。

操船中のヒューマン・エラーは、これまで担当航海士、機関士、またはその他乗員の個人的なエラーと見なされることが多かったが、最近では船舶及びそのシステムを安全かつ効果的に運航するためには、ヒューマン・エレメントを舶用システム、機器、手順のデザインとメンテナンス、及び陸上支援システムにおいて考慮すべきであるとの認識が広まっている。

本章では、船級協会、海上保安当局、保険組織等のヒューマン・エレメント研究及び対応状況の例を概説する。

3.2 船級協会による規制、型式承認

3.2.1 概要

船級協会よるルールは、資格を持つオフィサーその他の乗員による「適切な操船」を条件として定められている。適切な操船に関する知識は、これまで設計者、監督、

---

[6] Baker, CC and McCafferty, DB (2005) “Accident database review of human element concerns: What do the results mean for classification?” Proc. Int. Conf. ‘Human Factors in Ship Design and Operation’, RINA, Feb 2005

[7] Prof. Michael Barnett, et al., Southampton Solent University – Warsash Maritime Centre “Non-technical skills: the vital ingredient in world maritime technology?” Proc. 2nd Maritime Technology Conference, IMarEST, 2006

検査官の経験を基礎に、船舶のデザインと建造過程に組み込まれてきた。しかし、船舶の構造、システム、操船、配乗は多様化、複雑化しており、個人の経験は旧弊化しやすい。そのため船舶の評価と検査に関し、ヒューマン・エレメントを考慮した、これまでの経験に代わる新たな枠組みが求められている。

既に、主要船級協会は様々な方法でヒューマン・エレメント研究及び対応に着手している。主な活動は以下の通りである。

3.2.2 ロイド船級協会（LR）

英国ロイド船級協会（Lloyd's Register : LR）は、海事産業におけるヒューマン・エレメントへの認識を高めることを目的に、2003年よりThe Nautical Instituteが発行しているヒューマン・エレメント専門の季刊ニューズレター「Alert!」[8]のスポンサーとなり、支援を行っている。

創刊後3年が経過した2006年10月には、「Alert!」の第1フェーズ12号が終了したが、LRはスポンサー期間を3年間延長することを決定した。第2フェーズでは、第1フェーズで蓄積されたヒューマン・エレメント関連の重要課題に関する知識、即ちオートメーション、コミュニケーション、疲労、トレーニング等の実際のアプリケーションを検討する。

また、LRは、人間工学学会（Ergonomics Society）内の海事部門 Maritime Ergonomics Special Interest Group (MarESIG) と協働し、ヒューマン・エレメント関連データの収集を行っている。

さらに、LRは2004年、船舶運航に関するヒューマン・エレメント研究を目的に、リサーチ・ユニット(LRRU) を設立した。同ユニットは、英国カーディフ大学のSeafarers International Research Centre (SIRC)をベースに研究を行っている。

LRがヒューマン・エレメント関連研究の重要考慮事項として挙げているのは以下の項目である。

①マンパワー

船舶の操船、保守、及び乗組員のトレーニング等に必要な人員数。下記②～⑥のファクターが操船に必要な人員数と必要資格の決定に影響する。

②乗組員の資格

近代的な船舶の操船、保守、及びトレーニングを受けるのに必要な知力と体力を持った人員の資格。

③トレーニング

人員に職務に不可欠なスキル、知識、価値観及び態度を持たせるための指導／教授、実地訓練等。

④人間工学

人間の特性を、船舶の定義、設計、開発及び評価に包括的に統合し、定められた条件下における人間と機械のパフォーマンスを最適化する。

---

[8] http://www.he-alert.org/index.asp

⑤安全性

船舶の通常運航の結果として起こり得る短期的、長期的な健康への悪影響を認識、評価及び改善する。

⑥リスク

船舶及び関連システムが正常に作動している場合、または異常がある場合に起こりえるリスクを認識する。

現時点では、LR の船級規則におけるヒューマン・エレメントへの考慮は十分になされておらず、故意に言及を避けている箇所も見られる[9]。一方、明確にヒューマン・エレメントの考慮がなされているのは、ブリッジのデザイン、統合ブリッジ・システム（IBS）、統合航海システム（INS）に関するノーテーション、制御システムに関するルールであり、人間工学原則の適用が要求されている。

しかし、ルール全体を通じてのヒューマン・エレメントの扱いは統一されておらず、明確でないため、検査官の解釈に整合性が欠ける可能性がある。また、ヒューマン・エレメントに関する検査官の知識や経験にもばらつきがあろう。このような問題に関し、現在 LR は以下のアクションを提案している。

- 検査官に対し、ヒューマン・エレメントに関するトレーニングまたは十分な情報を与える。
- 船級規則内のヒューマン・エレメント事項を監督する特別グループを設置。
- 船舶建造方式の更新によって生じる新たなリスクを調査。

また、海難事故に関する船員からのフィードバック、海難事故レポーティング、船舶・舶用機器のデザインや規制の相互関係も他セクターに比べて発達していない。現在のフィードバックの例としては以下がある。

- MARS：Nautical Institute の海事事故レポーティング・スキーム（Marine Accident Reporting Scheme）
- CHIRP：独立慈善団体 Charitable Trust による報告制度”Confidential Hazardous Incident Reporting Programme”「Marine Feedback」
- Nautical Institute 主催の IBS/INS コンファレンス、AIS フォーラム等。

一方、性能標準に関しては、LR はシステム・エンジニアリングに関する国際基準の開発に参加している唯一の海事関連組織で、「海事電子機器システムの国際標準」（international standard for dependable maritime programmable electronic systems）の開発を目指している。

LR が採用している既存のヒューマン・エレメントを考慮した技術及び性能標準とガイドラインの例としては、以下が挙げられる。

---

[9] J V Earthy, B M Sherwood Jones, ‘Design for the human factor The move to goal-based rules’, Proc. 2nd Maritime Technology Conference, IMarEST, 2006

- IMO 性能標準
- IEC 技術標準（テスト標準、性能標準）
- レーダー機器の性能標準："7.6.1 The design should ensure that the radar system is simple to operate by trained users"
- レーダー機器の試験規格：IEC TC80 WG1 による IEC 62388
- ISO TC159（人間工学担当）SC4（ヒューマン・システム統合担当）による人間中心設計（HCD）標準。ユーザーとシステムのインターフェイス。
- ISO 9126-1「Quality in Use」：定められた使用条件下でユーザーが効率的、生産的かつ安全に与えられた目標を達成することを可能にするシステム。
- The Nautical Institute による「船舶操作設計の改善」ガイドライン

LR は、今後ヒューマン・エレメント関連の標準や規制を進化させるためには、舶用機器メーカーからのユーザー・パフォーマンス・テストに関する詳細な情報が不可欠であるとしている。

3.2.3 米国船級協会（ABS）

主要船級協会の中で、比較的ヒューマン・エレメント関連のガイドラインが充実しているのは米国船級協会（ABS）である。

ABS は「船舶操作性に関するガイド」[10]の付属書 8 として、海難事故防止を目的とした「ヒューマン・エレメント（ファクター）の考慮」を設けている。その背景には、海難事故の大部分が、直接的にはブリッジからの操船エラーに起因する衝突や座礁であるとの事実がある。ブリッジにおけるヒューマン・エラーは、船舶の制御と応答に関する間違った理解やそれに関連した状況判断や情報処理の誤りが原因となることが多い。付属書 8 では、このようなヒューマン・エラー防止の方策として以下を提案している。

①ブリッジ・リソース・マネジメント（BRM）
- 操船に関する服務規程
- 乗組員（特に新たに乗船する船長、航海士、パイロット）の船舶とその操船、応答に関する習熟。
- ブリッジとデッキ、及びパイロットと陸上施設間の操船に関するコミュニケーション。
- 指令の権威とリーダーシップ。

②人間工学的デザイン
- 操船系：操舵装置、ブリッジ・ウィング・コントロール等。
- 表示系：回頭速度表示、操舵装置表示、針路表示、レーダー等。
- レイアウト：パイロット位置、ブリッジ・ウィング等。

[10] ABS GUIDE FOR VESSEL MANEUVERABILITY . 2006

③人間工学を考慮した操作性・居住性

ヒューマン・エレメント、人間工学を考慮した操作手順に関連して、ABS は以下の 3 つの手引きを開発した。[11]

(i) ABS Guidance Notes on the Application of Ergonomics to Marine Systems（2003 年）
(ii) ABS Guidance Notes on Ergonomic Design of Navigation Bridges（2003 年）
(iii) ABS Guide for Crew Habitability on Ships（2001 年）

(i) 船用システムへの人間工学の適用に関する手引き（ABS Guidance Notes on the Application of Ergonomics to Marine Systems）

同ガイドラインは、設計者に舶用機器とシステムのデザインとレイアウトのヒューマン・マシン・インターフェイスに関する人間工学上の原則を提供している。ヒューマン・マシン・インターフェイスの採用例は、コントロール、ディスプレイ、アラーム、ビデオ・ディスプレイ・ユニット、コンピューター・ワークステーション、ラベル、梯子、階段、職場のレイアウト等である。

また、職場と居住区の環境も乗組員のパフォーマンスに影響する重要事項である。そのため、同ガイドラインでは、振動、騒音、温度、照明にも言及している。

(ii) ブリッジの人間工学デザインに関する手引き（ABS Guidance Notes on Ergonomic Design of Navigation Bridges）

- 操船ブリッジの人間工学的デザイン原則
- IMO や IACS（国際船級協会連合）等の国際規制に適合する特定のデザイン・ガイダンス。
- 各船舶のブリッジへの人間工学デザイン原則の適用方法。
- ブリッジの機器配置、レイアウト、コンソールとワークステーションのデザイン、職場環境、人間工学設計とその評価方法に関するガイダンス。

(iii) 船舶居住性に関する手引き（ABS Guide for Crew Habitability on Ships）

乗組員が仕事及び生活の場として長時間を過ごす船舶の船内環境は、乗組員のパフォーマンス即ち船舶の安全に大きな影響を及ぼす要因である。同ガイドラインでは、以下を提案している。

- 船舶の乗組員居住区の環境基準。

[11] http://www.eagle.org/absdownloads/index.cfm

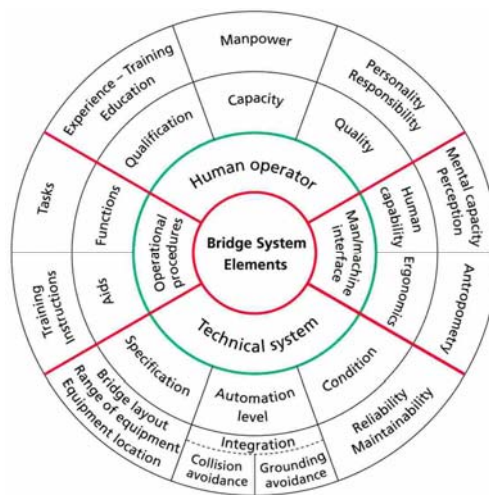
● その評価方法。
● 居住性の特に高い船舶には特別ノーテーション「HAB＋」を授与。

④ブリッジ・リソース・マネジメント原則

安全航海のためには、ブリッジからの情報の効率的な管理と処理が不可欠である。情報の管理には以下を含む。
● 明確、正確でタイムリーなコミュニケーション。
● 状況、表示、機器の正しい理解。
● 乗組員の情報の重要性を理解する能力。
● ある状況に船舶と乗組員が安全かつ効果的に対応できる能力の正しい理解。

3.2.4 ノルウェー船級協会（DNV）

一方、ノルウェー船級協会（DNV）は、「海難事故の 80％はヒューマン・エラーではなく、トータル・システムのエラーに起因するもの[12]」とし、ヒューマン・エレメント関連では管理システムとトレーニングの改善に重点を置いている。

例えば、ブリッジのトータル・システム・エレメントには、下図のように、オペレーター、機器システム、手順、ヒューマン・マシン・インターフェイス全ての要因を含む。

（出所：DNV[13]）
SeaSkill™

図：ブリッジのシステム・エレメント

---

12 http://www.norsim.org/simsem/2005/SIMSEMSeaSkill.ppt

13 http://www.norsim.org/simsem/2005/SIMSEMSeaSkill.ppt

DNV が開発した「SeaSkill™」は、ヒューマン・エレメント能力開発に関連した標準、テスト、認証サービスで、船級協会の船舶検査・評価等の船級業務の人間版、即ちヒューマン・エレメント関連の認証を行う。

「SeaSkill™」サービスは、以下の 4 分野に分かれている。

①管理能力の認証

企業（船社）の従業員に対する計画、開発、改善能力及び目的に応じたビジネス目標の設定能力を判断する。多くの企業の場合、改善の余地は大きく、安全性向上と効率化により競争力を向上させることが可能になる。

SeaSkill™では、ISM コードと STCW 条約に沿った、各企業に見合ったマネジメント改善プログラムを提供し、プログラム修了時には認証を与える。

②トレーニング組織の認証

SeaSkill™は、航海訓練所、海事大学等の船員及びパイロットのトレーニング組織の評価・認定を行う。また、トレーニング組織の質の向上とコース開発への援助を行う。

トレーニングを受ける生徒や企業は、SeaSkill™に認められたトレーニング組織を選ぶことで、ハイレベルのトレーニングが保証される。現在既に世界で 200 以上のトレーニング組織が SeaSkill™認証を持っている。

③シミュレーターの認証

SeaSkill™は、規制と業界要求基準に適合するシミュレーター・システムを認証する。これにより、トレーニング組織は、シミュレーター購入という高額の投資を安全に行い、質の高いコースを提供することができ、またユーザーは安心してトレーニング・コースを選ぶことができる。

④人員の認証

SeaSkill™は、企業を対象に、職務と地位に応じた従業員の能力を判断するツールを提供している。業界の能力要求レベルを考慮した評価基準に準じた質問と実務テストにより従業員の能力評価を行い、認証を与える。

3.2.5 英国海事沿岸警備庁（MCA)

3.2.5.1 MCA の役割

MCA は、英国海域にて英国政府の海上安全政策及び環境保護政策の実施・監督を担当する機関である。年間平均 8,000 件の救助活動、3,500 件の英国籍船舶の検査、90 件以上の海洋汚染事故の処理等を行っている。[14]

近年、ヒューマン・エレメントが海運産業の安全性と利益に及ぼす影響は大きくなっている。その理由としては、技術進歩により船舶の機械及び電気系統の信頼性が向上し、海難事故そのものの件数が減少したことも大きい。その分、事故原因としての

[14] A regulatory approach to the human element, Maritime and Coastguard Agency, UK, 2006

ヒューマン・エラーの割合が高くなる傾向にある。
また、海事産業におけるグローバル化の進展に伴う競争激化によるマージンの減少、マネジメント・システムの複雑化等の構造変化により、エラー修正機能が十分に管理されず、比較的小さなミスがドミノ効果で重大な事故に結びつく傾向も見られる。
MCA によるヒューマン・エレメント研究は、人命、環境、経済活動を守るために最もコスト効率のよいリソース（資金、資源、人材）配分を可能にするリスク・ベースのアプローチに基づいている。
また、MCA を始めとする海事管理当局は、自らの責任範囲である地理的エリアと船舶を効果的に管理するためにも、積極的に国際規制策定に参加し、それから学ぶべきであるとしている。さらに、法的拘束力のある規制だけではなく、自己規制の方が適している分野もあるため、適切なガイダンスとツールを示すのが管理当局の役割である。このような目的のためにも、ヒューマン・エレメント研究は有益である。
MCA は、海難事故の主原因として自動的に決めつけられることの多い「ヒューマン・エラー」を掘り下げ、その誘発要因、例えば文化的・組織的問題や作業環境、機器システムの不備や間違った選択等を調査分析し、事故を防止することに焦点を当てている。
MCA は、例えば、乗組員がある機器を操作中に間違ったときに間違ったボタンを押し、その間違いに対して適切な対応ができなかった場合には、以下の項目のひとつか複数、または全部が原因となっているとする。

- 乗組員はその機器の取扱いに関する適切なトレーニングを受けていなかった。または、扱いに十分に慣れていなかった。
- その機器の状態を明確に示すディスプレイ、または制御機能を明確に示すディスプレイが不十分であった。
- 様々な機器の統合がなされておらず、アラームの発生原因を突き止めることができなかったため、適切な対処ができなかった。
- 制御装置の照明が不十分で正しい操作に支障があった。
- その乗組員は、十分な睡眠をとっていなかった。または、居住区の居心地が悪く、疲労していた。

このような事故防止のための MCA の活動は以下の通りである。

- ISM コードを始めとする規制に基づいた検査と評価。
- ポート・ステート・コントロール検査。
- ILO 条約や STCW 条約に基づいた配乗、労働環境及び安全性の検査と評価。
- 「ヒューマン・エレメント・ガイダンス・マニュアル」の開発。
- ヒューマン・エレメント評価ツール（HEAT）の開発

MCA は、ISM コードの延長として、同コードの限定的な範囲や表面的なコンプライアンスへの要求を超え、毎年コードを遵守している船舶にもリスク・コントロール

の継続的改善を促している。また、ISM コードとの併用を目的として開発されたヒューマン・エレメント評価ツール HEAT では、能力成熟度モデル（Capability Maturity Model）を用い、広い分野における組織的成熟度の評価を行う。これにより、MCA は海事産業の慣習的、文化的側面にも焦点を当て、さらに、乗組員や資金の配分変更により安全性管理の効率改善が期待される分野に関する助言を行っている。

3.1.5.2 MCA によるヒューマン・エレメント研究

MCA は、規制当局にとって、ヒューマン・エレメント等新たな問題に関する調査を自らまたは外部委託により行うことは、問題解決への非常に有効な手段であると考えている。近年 MCA が関与したヒューマン・エレメント関連の調査は以下の通りである。

①セーフティー・カルチャーの促進：効率的安全管理へのリーダーシップ資質の識別（Driving Safety Culture: Identification of leadership qualities for effective safety management、2004 年 4～11 月）

ISM コードの実施を含む安全管理には、トップの指導力が最も重要である。MCA が外部委託した同調査では、ベスト・プラクティスを分析し、権威、理解、モティベーション、明瞭さ等 10 項目のリーダーシップ資質を同定し、船舶安全管理責任者、キャプテン、船社トップ向けにコンパクトなハンドブック[15]にまとめた。

②自動化された舶用機器システムにおけるヒューマン・エラー防止へのガイダンス（Development of guidance for the mitigation of human error in automated ship-borne maritime systems、2005 年 7 月～2006 年 1 月）

機器システムの自動化が進むにつれ、ブリッジや機関室における受動的なモニタリングの役割が増加している。同調査プロジェクトは、このようなトレンドへの効果的対処法（モニタリング、トレーニング等）の模索と、過去のヒューマン・マシン・インターフェイスの不備により発生した海難事故の事例分析を行った。事例としては、1995 年、GPS（全地球測位システム）が推測航法になっていることを 34 時間に渡って乗組員が誰も気付かずに座礁した Royal Majesty 号が分析されている。

③モニタリング作業評価・ツールの開発（Development of a human cognitive workload assessment tool、2005 年 7 月～2006 年 5 月）

受動的であるが集中力の必要なモニタリング作業の安全性向上を目指した作業パターンの調査研究。同プロジェクトの調査結果は、上記「自動化された舶用機器システムにおけるヒューマン・エラー防止へのガイダンス」プロジェクトの結果と合わせて、

[15] http://www.mcga.gov.uk/c4mca/mcga-dqs-rap-human-element-leadership-handbook.htm

船舶、機器、作業のデザインにおいてヒューマン・オペレーターの要求と限界が優先されるべきであることを示す。

④組織構造：企業構造、産業構造が安全管理パフォーマンスに及ぼす影響（Organisational structures: the influence of internal company management structures and external industry structures on safety management performance、2005年10月～2006年4月）

企業構造や海事産業構造及びそれに関連する商業的圧力は、船舶安全性への考慮に大きな影響を及ぼす要因である。同プロジェクトではこの問題を分析し、英国内での産業体制の改善を促し、またIMOへの提言を行う。

⑤EUプロジェクト成果を利用したヒューマン・エレメント研究

MCAは、これまでにEUフレームワーク・プログラム（後述）枠内で実施されたヒューマン・エレメント、ヒューマン・マシン・インターフェイス、安全性向上、海難事故分析等のプロジェクトの成果を利用し、欧州海事安全庁（European Maritime Safety Agency：EMSA)及び英国海難事故調査部（Marine Accident Investigation Branch：MAIB）と共同で、海難事故におけるヒューマン・エレメントの分類方法の開発を予定している。その目的は、汎欧州及びより広い地域に適用可能なヒューマン・エレメントに関する共通理解・認識に合意することである。

4.　EU のヒューマン・エレメント関連研究開発プログラム

4.1 EU フレームワーク・プログラム

ヒューマン・エレメント研究を始めとする大規模な汎欧州共同研究開発プロジェクトの多くは、EU フレームワーク・プログラム（FP）枠内で実施されている。

フレームワーク・プログラムは、EU 域内の技術研究開発の柱となる EU 助成のリサーチ・プログラムで、第 1 次フレームワーク・プログラムは 1984 年に開始された。プログラムの期間は通常 5 年間で、最初と最後の 1 年間が前後のプログラムと重なる。

2006 年現在実施中の FP6 のプロジェクト期間は基本的に 2002 年から 2006 年末までであるが、実際のプロジェクト実施期間は各プロジェクトによって異なる。同時に現在、次期 FP7 のプロジェクト参加募集が行われている。FP7 からは、更に深い研究をめざし、実施期間が 7 年に延長される予定である。

FP は、国境を越えた欧州全レベルにおける研究者間の協力と協調により、ダイナミックで競争力のある卓越した科学技術、イノベーションを育成し、欧州全体の技術競争力を高めることを目的としている。各 FP で EU の定める研究優先課題は、時代のニーズを反映したものとなっており、拡大を続ける EU は、現在科学技術研究の欧州統合ネットワークとなる「欧州研究圏：European Research Area（ERA）」の創設をめざしている。

FP の助成金は、ある研究機関または企業の一般研究開発ではなく、EU の定める優先課題に沿って選ばれた特定の共同プロジェクトへの助成金である。ひとつのプロジェクトの参加メンバーは、数カ国からの研究者・機関のコンソーシアムでなければならない。プロジェクト総額や助成金の割合はプロジェクト毎に異なる。

プログラム全体の予算編成は EU 各国の代表からなる欧州議会で決定され、プログラム運営は EU の行政機関である欧州委員会が担当している。

2006 年現在実施中の FP6 の交通・運輸関連プロジェクトでは、陸上交通の代替手段として、より環境にやさしく、安全性の高い水上交通の開発が優先課題のひとつとなっている。安全性向上のためのソフトウェア開発と統合、衛星ナビゲーションの有効活用も課題である。EU は学術的な研究よりも、即実用可能なテクノロジーの開発を FP プロジェクトの目的としている。

FP6 の予算総額は 175 億ユーロで、EU 予算の 4%、欧州の公的研究開発支出（軍事関係を除く）の 5.4%に相当する。予算の 7%は EURATOM の管理する核関連研究に当てられている。EU は、2010 年までに研究開発予算を EU の GDP の 3%に引き上げるとの共通目標を持っている。

プロジェクト参加資格は、EU 加盟国（2006 年現在 25 カ国）、準加盟国及び加盟候補国の研究者、一般企業（中小企業を含む）、大学、研究機関、及び EU 加盟国、準加盟国所在の法的組織である。FP6 では、EU 正式加盟国以外に、ノルウェーを含む EEA（European Economic Area：欧州経済領域）加盟国、中東欧の EU 加盟候補国、トルコ、スイス、イスラエルの参加を認めている。

EU は中小企業の参加を促しているが、プロジェクトのコンソーシアムは数カ国からの企業・組織で構成されるため、例えば英国など欧州大陸から地理的に離れている国

の企業としては、ミーティング参加への旅費や時間がかかり、FP 参加のコスト・パフォーマンスが悪いという不利な点も指摘されている。

プロジェクト成果の知的所有権は、プロジェクト・メンバーに帰属する。しかし、逆に技術競争力のある企業は、成果の知的所有権がプロジェクトのメンバー全員に公平に帰属するのを好まず、FP への参加を躊躇するケースもある。また、プロジェクトの成果や結果を一般公表する義務はないため、特に部外者や一般市民には詳細がほとんど明らかにされないことも特徴である。

4.2 EUREKA プログラム

フレームワーク・プログラム以外の主な汎欧州共同研究開発プログラムとしては、1985 年に発足した市場向けの産業用研究開発に関する汎欧州ネットワークである EUREKA プログラムがある。

EUREKA そのものは FP のような EU からのプロジェクト運営資金を持たないため、参加企業・組織はそれぞれの国の EUREKA 事務所を通じて公的及び民間からの助成金を獲得することが、FP と異なる点である。

また、EUREKA プログラムは、FP のように一定のプログラム期間がないため、プロジェクトの計画や実施期間の自由度が高い。EUREKA 枠内のプロジェクトは、一般的に FP よりも参加企業・組織が少なく、小規模なものとなっている。EUREKA メンバー諸国は、ロシアを含む欧州諸国、EU、イスラエル、モロッコの 40 カ国である。EU は、FP と EUREKA 内のプロジェクトの協働による相乗効果を期待している。

EUREKA プログラムの交通・輸送分野では、2006 年 9 月現在 252 企業・組織が参加し、総額 1 億 8,600 万ユーロで 55 件のプロジェクトが実施されている。実施されている船舶・舶用技術関連のプロジェクトは、燃料電池に関する FELLOWSHIP、及び次世代客船の安全性に関する SAFEPASEA の 2 件のみで、現在ヒューマン・エレメントに直接関連するプロジェクトは行われていない。

4.3 各フレームワーク・プログラムの概要（FP4～FP7）

4.3.1 第4次フレームワーク・プログラム（FP4、1994～1998年）

EUの第4次フレームワーク・プログラム（FP4）は1994～1998年に実施され、プロジェクト予算総額は118億79万ユーロ（当時の単位はECU）であった。

プログラムの科学技術的目標は、以下の4つの活動分野に分かれている。

（1）研究及び技術開発
（2）第三諸国及び国際組織との協力
（3）研究成果の普及と最適化
（4）研究者の活動促進

上記（1）の研究及び技術開発の優先分野は以下の7項目（括弧内は予算）である。

①IT技術（36億2,600万ユーロ）
②工業技術（21億2,500万ユーロ）
③環境技術（11億5,000万ユーロ）
④ライフ・サイエンス（16億7,400万ユーロ）
⑤非核エネルギー（10億6,700万ユーロ）
⑥交通、輸送（2億5,600万ユーロ）
⑦社会経済研究（1億4,700万ユーロ）

海上交通、船舶・舶用技術が含まれる交通・輸送分野の優先課題は、汎欧州マルチモーダル及びインターモーダル輸送ネットワークの構築、及び既存ネットワークの最適化であった。

また、効率的で安全、かつ環境に優しい輸送システムの構築を目指した欧州共通交通政策の開発と実施を目標とし、関連した第3次フレームワーク・プログラム（FP3）内の交通・輸送関連プログラム（EURETプログラム）の成果も利用されている。

さらに、フレームワーク内の他の研究分野、例えばIT技術、工業技術、環境等の分野との連携や共同研究、及び欧州各国が出資する研究開発プログラム EUREKA との協力を奨励している。

FP4 枠内の海上・水上交通に関する研究開発は「既存ネットワークの最適化」に含まれ、4,450万ユーロが予算配分された。研究課題としては、管制、安全性、環境保護、新技術の統合、組織、人材等が選ばれた。また、ヒューマン・エレメント関連研究が最も盛んであったのは、FP4である。（詳細は後述）

4.3.2 第5次フレームワーク・プログラム（FP5、1998～2002年）

第5次フレームワーク・プログラム（FP5、1998～2002年）のプログラム予算総額は137億ユーロ[16]（核関連研究を除く）であった。研究対象となる分野は前述の FP4 と

[16] http://cordis.europa.eu/fp5/src/budget.htm

ほぼ同様であるが、その内、船舶・舶用技術を含む技術研究開発のテーマは「競争力のある持続的成長」（GROWTH）に分類され、EU 助成金総額は 27 億 500 万ユーロ、2,208 件のプロジェクトが参加した。

「競争力のある持続的成長」関連の研究開発では、以下の 4 分野が優先分野に選ばれた。

①革新的製品、プロセス及び組織

製造過程の近代化、品質を改善し、資源消費を最小限に抑える。

②持続性のある輸送システム、インターモーダル輸送

社会経済的目標を満たす輸送に関する規制フレームワークの構築、環境に優しく効率的な輸送設備実現のためのインフラ整備、モーダル及びインターモーダル・システムの運営とサービス提供。

③陸上交通及び海事技術

新技術を開発・統合、燃費を改善し、排出ガスを削減することで産業全体のパフォーマンスを改善し、競争力を高める。

④新たな航空技術

環境保護と安全性向上を念頭に、持続性のある欧州航空産業の競争力を高める。

4.3.3 第 6 次フレームワーク・プログラム（FP6、2002～2006 年）

2006 年現在実施中の第 6 次フレームワーク・プログラム（FP6）は、過去の FP と同様の優先分野の研究に加え、欧州研究圏（ERA: European Research Area）の創設を目標としている。FP6 の予算総額は 178.83 億ユーロで、1,472 件のプロジェクトが参加している。

欧州研究圏は、欧州の研究活動を地方、地域、国家、国際レベルで統合することを究極的な目的としており、EU 及び EU 加盟候補国の大学、研究機関、産業の協力により、欧州の技術的卓越性と革新力、競争力を向上させる。

FP6 の優先分野はこれまでの FP とほぼ同様の以下の 7 分野で、その他にこれまでと同様に核の安全性が加わる。

(1) ライフ・サイエンス、遺伝子工学、バイオテクノロジー
(2) IT 技術
(3) ナノ・テクノロジー、ナノ・サイエンス、多機能素材
(4) 航空工学、宇宙工学
(5) 食品の品質と安全性
(6) 持続的発展、気候変動、エコシステム
(7) ナレッジ・ベース社会の市民、ガバナンス

船舶・舶用機器、海運関連の研究開発が含まれる「持続的発展、気候変動、エコシステム」分野（SUSTDEV）の目的は、持続的発展のために欧州の科学技術力を統合、強化し、世界的な気候変動のトレンドを阻止または逆行させ、エコシステムの均衡を保つことである。この分野には EU 助成金 23 億 2,900 万ユーロが予算配分されており、参加プロジェクト数は 371 件である。

上記（６）の持続的発展は EU の中心的目標でもある。この分野は、①持続的エネルギー・システム、②持続的交通システム、③気候変動とエコシステム―に大きく分類されている。

①持続的エネルギー・システムにおける船舶・舶用機器分野の研究は、排出ガス削減策、燃費改善技術、燃料電池開発、水素貯蔵システム、再生可能エネルギー等がある。

また、船舶・舶用機器分野の研究の中心となる②持続的交通システムでは、環境に優しいクリーンで効率的な交通手段の実現を目指し、効率的な新推進装置、快適でコスト効率の高い公共交通機関、インターモーダル輸送、陸上支援施設の統合、人間と輸送機関のインタラクション、輸送の安全性向上等が課題となっている。

③気候変動とエコシステムに関連する海事産業の研究課題には、排出ガスの環境への影響、船舶運航による沿岸の水質、エコシステムへの影響及び地学的影響等が含まれる。

FP6 枠内では、約 50 件の船舶・舶用技術関連のプロジェクトが実施されている。

4.3.4 第 7 次フレームワーク・プログラム（FP7、2007～2013 年）

2007 年 1 月 1 日から EU 第 7 次フレームワーク・プログラム（FP7）が開始される。プログラム実施期間はこれまでの 5 年間から 7 年間に延長され、EU からの助成金総額は 732 億 1,500 万ユーロが計上されている。

FP7 は、協力、アイデア、人間、能力の 4 プログラムから構成される。

(1)協力

「協力」プログラムは FP の柱となる主要研究開発プログラムで、欧州の大学、産業、研究期間、公的機関の協力による研究開発を行うことにより、特定の科学技術分野における欧州のリーダーシップの確立を目指す。

これまでの FP 研究開発プログラムと同様、「協力」プログラムは、現在及び将来的なニーズに合わせた以下の 9 つの主要テーマに分かれている。

①健康
②食料、農業、バイオテクノロジー
③情報・コミュニケーション技術
④ナノ科学、ナノ技術、素材、新製造技術

⑤エネルギー
⑥環境（気候変化を含む）
⑦交通・輸送（航空学を含む）
⑧社会経済科学、人間科学
⑨防衛、宇宙

海事関連プロジェクトの大部分は、⑦交通・輸送プログラムに含まれると予想され、プログラムの予算総額は約 40 億ユーロである。交通・輸送プログラムの優先課題は、環境性と安全性の高いインテリジェントな交通・輸送システムの実現である。また、欧州独自の衛星システム「ガリレオ」の実用化も欧州交通・輸送政策の優先課題のひとつである。

(2)アイデア
革新的技術や知識における欧州のダイナミズム、創造力、卓越性の促進を目的に、あらゆる分野の研究開発プロジェクトを助成する。プロジェクトの選択と資金配分は、新たに創設される欧州リサーチ・カウンシルが行う。

(3)人間
このプログラムでは、欧州の研究開発における人的可能性を量的、質的に強化するとことを目的に、研究職への求職促進、欧州の研究者の流出防止、また海外の優秀な研究者の招聘等の活動を行う。方法としては、学術界と産業界の長期的な協力プログラム促進、内外の研究者の相互的利益となり得る研究協力体制の構築、汎欧州的な研究者の移動と就職を容易にする労働市場の確立等を想定している。

(4)能力
このプラグロムでは欧州の研究開発能力の最大化を図る。その活動としては、研究開発インフラの整備と最適化、地域的な研究組織・集団（クラスター）への支援、EU と欧州圏内の研究能力のポテンシャルの振興、中小企業の研究活動への支援、科学と社会の協力体制の促進、国際的な研究開発における協力体制の構築が含まれ、結果的には様々な分野における欧州の卓越性の強化につながる。

5.　欧州の交通・輸送分野におけるヒューマン・エレメント研究

5.1 概論

過去 10 年間の欧州の研究開発活動は、EU（欧州連合）が主導し、主にフレームワーク・プログラム枠内で、経済、社会、及び環境面における持続的発展という大きな長期的目標の下で進められてきた。この目標に関連し、海事分野だけではなく、交通・輸送各分野の様々なテーマでのヒューマン・エレメント研究が行われてきた[17]。

欧州では、オペレーター＝ヒューマン・エラーが原因の交通事故による死者が毎年 4 万 5 千人、負傷者 16 万人が発生している（2001 年当時）。このような事故による被害総額は、毎年 500 億～850 億ユーロに上るとされている[18]。交通事故の大部分は絶対数の多い自動車事故ではあるが、個々の輸送量の多い船舶、列車、航空機の事故が発生した場合には、被害はさらに深刻である。

過去 30 年間に技術は格段の進歩を遂げ、各交通・輸送機関の物理的な安全性は大きく向上した。一方、ヒューマン・エラーによる事故は依然として減少せず、逆に技術が進歩した分、ヒューマン・エラーが事故原因に占める割合は増加傾向にある[19]。この事態を改善するためには、労働環境の改善を含めたヒューマン・エレメントの研究が不可欠であるとの認識の下に、1990 年代には船舶を始めとする輸送機関のヒューマン・エレメント研究が盛んになった。

また、交通・輸送機関は、拡大する EU の社会、経済活動の動脈となっており、その効率化と安全性向上は汎欧州的な優先課題でもある。よって、多民族・多言語・多文化の欧州における交通・輸送機関関連のヒューマン・エレメントの研究は、経済的利点のみならず、人々の暮らしのクオリティー向上と欧州全体の社会的結束を促し、結果的には欧州が長期的目標とする持続的発展につながるものであると考えられている。

5.2 ヒューマン・エレメント関連の EU 政策

直接的、間接的にヒューマン・エレメント研究に関連する EU 交通政策には、以下が含まれる。

- 持続性のある交通システム構築を目指した欧州共通交通政策（CTP）に関する 1992 年 EU 交通白書の中では、ヒューマン・エレメントの考慮が提唱されている。
- 1995～2000 年の CTP 行動計画では、安全かつ効率的で競争力のある交通システムが、社会の持続的発展と環境保護に寄与するとしている。
- EU グリーン・ペーパー（政策試案）「市民のネットワーク」では、地域、地方、国家レベルの公共交通機関の整備と促進を提唱し、その目的のためにヒューマ

---

[17] THEMATIC SYNTHESIS OF TRANSPORT RESEARCH RESULTS, PAPER 8 OF 10, HUMAN FACTORS, The EXTRA project, within the European Community's FP4 Transport RTD Programme, 2001

[18] 同上。

[19] DNV

ン・エレメント関連の研究開発活動を支援している。

- EU グリーン・ペーパー「公正かつ効果的な価格設定」では、交通機関の事故の大部分はヒューマン・エラーに関連しており、そのコストを考慮した価格設定を提唱している。
- EU グリーンペーパー「新欧州海事政策」では、欧州海事産業の競争力強化のために、EU フレームワーク・プログラム枠内での安全性向上技術、環境保護技術等の研究開発を促しており、近年のフレームワーク・プログラムにはヒューマン・ファクターを考慮するプロジェクトが数多く含まれている。

このような EU 主要政策以外でも、ヒューマン・エレメントの重要性に対する認識は高まっている。また、ヒューマン・エレメントの研究や考慮が実際に交通機関の安全性向上に役立つためには、そのフィジビリティに関する研究もなされなくてはならない。ユーザーや労働者の新技術許容能力とその限界も、ヒューマン・エレメントの一部である。
EU のヒューマン・エレメントに関する政策は、拡大する EU の欧州単一市場における労働環境、及び新技術や手順に関するヒューマン・エレメントの考慮等に重点を置いている。

5.3 ヒューマン・エレメント研究テーマ

EU の交通・輸送分野における研究開発の 3 大目標は、①交通・輸送機関の労働環境とユーザーへの利便性の向上、②交通・輸送機関の全ての関係者（オペレーター、ユーザー、ノン・ユーザー）にとっての安全性と効率の向上、③ヒューマン・マシン・インターフェイスの改善―である。この 3 点は相互関連し、また全てにヒューマン・エレメントが含まれる。

ヒューマン・エレメント研究には、下記のようなテーマがある。ヒューマン・エレメントそのものに関する調査研究は少ないが、人間が関与する限り、程度の差はあっても多くの EU 研究開発プログラムは直接的、間接的にヒューマン・エレメントが関っているといえよう。

①交通システムにおけるヒューマン・パフォーマンス

- 交通情報・制御センターの組織と運営。
- オペレーター（ドライバー、航海士、パイロット）の能力
- 自動化システム
- マルチモーダル及び国境を越えた交通システムのパフォーマンス

②交通・輸送分野の労働環境

- ヒューマン・マシン・インターフェイス
- 人間工学
- 安全性と効率
- オペレーターの行動、反応

③関連技術及び安全基準・規制
- ディスプレイ
- シグナル、メッセージ
- 資格、認可
- トレーニング
- オペレーション

5.4　EU 海事分野のヒューマン・エレメント研究

欧州海事分野のヒューマン・エレメント研究では、安全性と効率向上に加え、特にヒューマン・リソース（人材、人的資源）に焦点を当て、シミュレーターによるトレーニング、ISM コード（International Safety Management Code）や STCW 条約（Standard on Training, Certification and Watchkeeping）等の新たな国際規制への対応、多文化環境におけるコミュニケーションの研究によるヒューマン・エラーの防止を目標としている。

前述の交通・輸送機関全体のヒューマン・エレメント研究の目標、即ち①交通・輸送機関の労働環境とユーザーへの利便性の向上、②交通・輸送機関の全ての関係者（オペレーター、ユーザー、ノン・ユーザー）にとっての安全性と効率の向上、③ヒューマン・マシン・インターフェイスの改善―の中では、ヒューマン・マシン・インターフェイスが他の 2 つの目標に大きく影響する。

5.5 フレームワーク・プログラムとヒューマン・エレメント研究

フレームワーク・プログラム、EUREKA 等の欧州共同研究開発プロジェクトは、海事安全政策策定や船舶・舶用技術にも多大な影響を与えている。例えば FP4 では、ヒューマン・エレメント研究と関連の深い制御システム、IT 技術、安全性に関する以下のようなプロジェクトが実施された。

(1) 統合船舶制御システム関連
- ATOMS II（ADVANCED TECHNOLOGY TO OPTIMIZE MARITIME OPERATIONAL SAFETY：航行安全性を最適化する高度技術）
- MBB（Maritime Black-Box：マリン・ブラック・ボックス）
- DISC II（Demonstration of Integrated Ship Control by way of Inter-European Implementation：統合船舶制御システムの汎欧州的デモ）

(2) 安全性と環境保護関連
- BERTRANC（Methodology of safety in marine operations：航行安全性確保の方法）
- CASMET（Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations：海難事故分析手法）
- FSEA（Concerted action on Formal approaches to risk assessment for Seaborne transport in European waters：欧州海域海上輸送の総合リスク評価手法）

- SAFECO I/II（Safety of shipping in Coastal waters：沿岸航海の安全性）

(3) 安全性とヒューマン・エレメント関連

- MASIS II（Human element in Man/Machine interface And interaction to improve Safety and effectiveness transport for the European fleet：欧州船隊の安全性及び効率向上のためのマン・マシン・インターフェイスにおけるヒューマン・エレメント）
- MASSOP（Assessment and development of new concepts for management structures of shipowners and ship operators：船主、船社の新管理体制の構築と評価）
- REWORD（Research for enhancement of work conditions aboard ships：船内労働環境向上のためのリサーチ）
- MARCOM（The impact of multilingual and multicultural crewing on maritime communications：多言語・多文化乗組員のコミュニケーションへの影響）
- MASSTER（Maritime Standardized Simulator Training Exercises Register：シミュレーター・トレーニング方法の標準化）

(4) IT システム関連

- MOVIT（A Mobile VTMIS using Innovative Technology：革新技術を利用したモバイル VTMIS）
- VTMIS-NET（Vessel Traffic Management and Information System Network：船舶交通管理情報システム（VIMIS）ネットワーク）
- INCARNATION（Efficient Inland Navigation information system：効率的な内陸水路航行情報システム）
- RINAC（River based Information, Navigation, And Communication：河川航行、情報及びコミュニケーション）

上記のプロジェクトが実施された第 4 次 EU フレームワーク・プログラム（FP4、1994～1998 年）では、ヒューマン・エレメント関連の主要研究テーマとして以下の 8 項目が選ばれた。多くのテーマは相互関連しており、ほとんどのプロジェクトはいくつかのテーマにまたがっている。そのテーマと研究結果の概略を以下に示す。

①教育、資格、トレーニング
②人間の役割
③技術許容度
④オペレーターの行動
⑤オートメーション
⑥情報管理
⑦操作手順
⑧スキルの維持

①教育、資格、トレーニング

欧州全域の労働環境、教育・資格の基準の統一を図る。主に、海事分野と航空機分野で研究が行われており、海事分野では、FP4 の MASSTER、METHAR プロジェクト（後述）等がこれに該当する。

このテーマでは、船舶運航の安全性と環境性の評価手法や、身体障害者や老齢の乗客の扱いに関する乗組員のトレーニング手法が研究された。また、STCW 条約の規定に基づいた汎欧州的な乗組員の訓練方法、訓練要綱も検討された。

さらに、高速船運航や港湾等のシミュレーターを用いたトレーニング方法、高度なブリッジ・ディスプレイの研究も行われ、最新の機器・システムとヒューマン・エレメントの関連性の解明が進んだ。

また、欧州出身の船員の数を増やすためには、若者にとって海事産業におけるキャリアを魅力的なものにする必要性が指摘された。

②人間の役割

交通・輸送産業における現在及び将来的な人間の役割を考察する。このテーマで行われた海事プロジェクトの例は、THALASSES（FP4、後述）である。

プロジェクトでは、他産業分野の経験を基に考案された人間中心設計というアプローチにより、乗組員の仕事に対する満足度が向上することがわかった。特に、コスト効果や商業性を狙った技術や製品よりも、安全性と労働環境を改善すると新技術・システムの場合、乗組員の新技術許容度も上昇する。この認識により、乗組員にその安全性への利点を認識させる ECDIS（Electronic Chart Display and Information Systems）のトレーニング方法が考案された。

同時に、ある新技術導入の社会・経済的影響は、訓練生とベテランのオフィサーには全く異なるものであり、トレーニング方法とカリキュラムの差別化が必要かつ効果的であることが指摘された。

③技術許容度

新技術がユーザー＝オペレーターに理解され、問題なく受け入れられることは、交通・輸送機関の安全につながる。また、ある新技術、新製品の商業的成功は、ユーザーの技術許容度に左右される。

このテーマの研究は前述の②人間の役割と交わるところが多い。また、このテーマでは、オペレーターの技術力以外に、文化的相違点を考慮した研究が行われた。

④オペレーターの行動

このテーマの研究は、海難事故を含む交通・輸送機関の事故の最大の原因であるヒューマン・エラーと組織的エラーの防止を目的としている。海事プロジェクトでは、ATOMOS、 BERTRANC、CASMET、MARCOM 等のプロジェクトがこのテーマに主眼を置いており（プロジェクト詳細は後述)、ヒューマン・エレメントと舶用機器・システムとの関係、即ちヒューマン・マシン・インターフェイスの研究が行われた。

このテーマの研究における成果の代表例は、10年間に渡って行われたATOMOSプロジェクトにおけるヒューマン・マシン・インターフェイスを考慮したブリッジ・レイアウトに関する提案を含む、新統合ブリッジ・システムSCC (Ship Control Centre)の開発である。

また、それまでほとんど考慮されていなかったオペレーターの行動パターンやエラーの特性を組み込んだ海難事故データベースが開発された。新データベース構築には、原子力発電、航空産業、オフショア産業等の事例が検討された。また、欧州以外の進んだ事故分析手法が研究され、取り入れられた。将来的には、ヒューマン・エレメントを考慮した事故分析に関する統一した手法を汎欧州的に採用することを提案している。

さらに、ヒューマン・エレメントに由来する海難事故の原因としては、多国籍、多言語、他文化の乗組員やパイロットによる使用言語の理解不足や誤解が、重要な原因であることが指摘された。言語以外にも、緊急時には文化の違いに起因する行動パターンの違いが顕著になり、事態を左右することがある。そのため、船上で使用する英語に関する教育方法の統一だけではなく、乗組員を採用する場合には、文化的な違いを十分に考慮するべきである。

⑤オートメーション

オートメーション導入に関する研究の目的は、交通・輸送機関の効率と安全性の向上である。オートメーションの導入は、労働環境や必要なスキルの変化を引起す要因であり、ヒューマン・エレメントや人間工学的な考慮が不可欠である。このテーマの研究にも、上記のATOMOSプロジェクトが深く関っている。

また、新技術導入に関しては、要求基準や規制環境の整備が必要である。要求基準では、騒音、可視性、使用方法、テスト基準等のヒューマン・エレメントに関連する考慮がなされるべきである。

⑥情報管理

情報管理に関する研究には、ヒューマン・マシン・インターフェイスの改善が含まれる。先進IT技術を利用した新技術の開発は、シミュレーターやデモ装置を使用した研究が行われる。

海事関連では、海上よりも遅れている内陸水路を航行する船舶の情報システムに関する RINAC プロジェクトが実施された。同プロジェクトでは、現行のシステムの改善を要する点を分析し、IT技術や衛星技術を用いた新情報システムと河川情報サービス（RIS）を提案した。

⑦操作手順

このテーマでは、新技術導入に関する操作手順とオペレーター要求の変化、その結果としての労働環境の変化を検証する。これにもヒューマン・マシン・インターフェイスが深く関連しており、多くのプロジェクトで研究されている。

⑧スキルの維持

上記のテーマ同様、このテーマでは、先進技術導入に伴うオペレーターのスキル要求への変化を考察する。効果的なスキルの維持は、航海の安全性だけではなく、オペレーターの労働環境にも大きく影響する。

海事分野のプロジェクトでは、テーマ②「人間の役割」と同様、THALASSES プロジェクトで、新航海機器 ECDIS の効果的な導入方法に焦点を当て、コンピューターをベースとしたトレーニング・ツールの開発を行った。

FP 枠内のプロジェクトの特徴は、各方面からの多様な参加メンバーを集めた大規模なプロジェクトの実施により、技術の研究開発からプロジェクト結果のフルスケールの実証実験までをプロジェクト内で完結させ、製品としての実用化、市場化を容易にしていることである。さらに、デモ専用のプロジェクトやテーマ別の研究ネットワークがその活動を支えている。また、EU の海事産業関連プロジェクトでは、技術のみならず、船社による質の高い管理体制が海上安全につながるとの認識の下で、サブ・スタンダードな船舶管理及び運航手法を排除し、教育や訓練、環境保護や交通管理等の面において、総合的な安全性の追求を行っている。

6. EU ヒューマン・エレメント関連研究の概要

過去 10 年間内外に実施された EU フレームワーク・プログラム枠内のプロジェクトの中で、ヒューマン・エレメントに直接的、間接的に関連のあるプロジェクトの概要を述べる。

6.1 MASIS プロジェクト（FP3、FP4）

1992 年から 2 回に分けて実施された MASIS プロジェクト（Human Element in Man/Machine Interface and Interaction to Improve Safety and Effectiveness in Maritime Transport for the European Fleet : 欧州船隊の安全性及び効率向上のためのマン・マシン・インターフェイスにおけるヒューマン・エレメント）は、EU フレームワーク・プログラムの中で、海事産業におけるヒューマン・エレメントの概念研究の発展に大きく寄与した初期のプロジェクトである。以下は MASIS I 及び MASIS II の目的と結果の概要である。

6.1.1 MASIS I （FP3、1992～1994 年）

MASIS I プロジェクトでは、他産業セクターにおけるヒューマン・ファクター研究の成果とモデリングを海事産業に当てはめ、乗組員の作業及び生活環境に焦点を当てて、それらが乗組員の行動に与える影響を考察した。同プロジェクトでは、ヒューマン・エラーは、複雑なシステム環境下で、人間と機械の不調和により引起されるとしている。

プロジェクトは 4 つのリサーチ・エリア等に分類され、それぞれがいくつかの作業に別れている。主な作業は以下のとおり。

- 数社の船社の実船におけるデータ収集。（第 1 リサーチ・エリア）
- 欧州船舶の配乗、乗組員の構成、教育及び訓練レベル、組織、管理体制等のデータ分析。（第 2 リサーチ・エリア）
- 人間の行動、反応の解釈に関する方法論の定義。（第 3 リサーチ・エリア）
- 対策とコスト効果分析（第 4 リサーチ・エリア）
- 船上環境シミュレーションによる実験。

特にヒューマン・ファクターに関連する第 3 リサーチ・エリアの主要タスクは以下の通りである。

- ヒューマン・ファクターの分類。
- 船上の乗員と船舶の関係において、乗員のパフォーマンスと信頼性に影響を与える要因＝ファクターの定義。
- 優先的に更なる分析が必要な要因のリスト。
- ヒューマン・ファクターに影響を及ぼす外的要因の分析。
- 作業パフォーマンス予測を目的とした主要な外的要因の特定。

ヒューマン・ファクターに関する MASIS I プロジェクトの主な結論及び対応策は以下の通りである。

(1) 意思決定に影響し、ヒューマン・エラーの原因となる認識メカニズム
- 再発しやすいエラーは、システム障害の診断ミス。
- 困難な状況下では、オペレーターは新たな解決策を考えるよりも、習慣的な行動をとりやすい。
- 新技術は意思決定方法を事後決定から予測的決定に変更する機会を与えるが、非常時に習性的行動をとる人間にはその効果は限定的。

(2) 人間の行動に影響を及ぼす 3 つの主要要因
- 内的要因：教育及びスキル・レベル、トレーニング、やる気、責任感等。
- 人間と船の相互関係：人間工学、作業体制、遠隔操作機器等。
- 人間と環境の相互関係：光、振動、騒音、温度、船舶の動揺等。

(3) 外的要因への対応策：
- 人間工学：ブリッジや機関室の標準化。
- 振動と騒音の軽減：イヤー・プロテクターの着用等。
- 照明：作業及び生活空間の適切な照明。
- 温度：EU 規制の適用。
- 船舶の動揺：適切な船体設計、減揺装置の使用等。

(4) 内的要因への対応策：
- 適切な条件に従った乗組員採用。
- シミュレーターを用いたトレーニング。
- 言語の問題解決。

6.1.2 MASIS II （FP4、1996～1999 年）

プロジェクト参加企業・組織：
CETENA(イタリア、プロジェクト・コーディネーター)
CETEMAR(スペイン)
ISL (ドイツ)
UNIVERSITY of STRATHCLYDE (英国)
HELINTEC (ギリシャ),
PTMM (イタリア)
MARCONSULT (イタリア)
DANAOS (ギリシャ)
CONSAR (イタリア)
D'APPOLONIA (イタリア)
GERMANISCHER LLOYD (ドイツ)
RINA (イタリア)
ENIDH(ポルトガル)

プロジェクト総額：2,757,877 ユーロ（EU 助成 1,364,804 ユーロを含む。）

MASIS I プロジェクトに続く MASIS II プロジェクトでは、EURET プログラム（1992～1994 年）内のヒューマン・エレメントに関する研究成果や米国コースト・ガードが開発した技術とヒューマン・リソース（人的資源）に関する STAR (Shipping Technologies And Resources)モデルを元に、船上におけるマン・マシン・インターフェイスの研究を進めた。

同プロジェクトは、人的資源の研究に焦点を当て、作業を以下の 5 つの作業パッケージ（WP）に分けた。

WP1：事故データ、シミュレーターを用いた非常時における乗員の行動とパフォーマンスの分析。多国籍・他言語・多文化の乗員チーム、及び小規模の乗員チームの運営。
WP2：新たな管理システムの開発とその社会経済効果の評価。
WP3：ISM コードを基本とした船舶運営体制と手法。
WP4：船内環境の人間工学設計。
WP5：ISM コード実施に関するガイドライン。

プロジェクトの主な研究結果：

- 多国籍・多言語・多文化、及び小規模の乗員チームの場合、安全運航に重要な要因は、トレーニング、コミュニケーション、組織、疲労とストレス、食事である。
- これらの乗員チームでは、非常時に問題が発生しやすい。
- また、上記要因はヒューマン・ファクターに関連する多くの事故の原因となる。
- しかし、どの要因が事故の直接原因となったかを見極めることは困難である。

● ヒューマン・ファクターの研究の進展には、安全管理組織と船社の努力と密接な協力とが必要である。

6.2 BERTRANC（FP4、1996～1999 年）

プロジェクト参加企業・組織：
AEA TECHNOLOGY PLC（英国、プロジェクト・コーディネーター）
TRANSEUROPEAN CONSULTING UNIT OF THESSALONIKI, S.A（ギリシャ）
RINAVE（ポルトガル）
Danish Maritime Institute（デンマーク）
Accident Investigation Board（フィンランド）
VTT Manufacturing Technology（フィンランド）
Bundesministerium fur Verkehr（ドイツ）
Germanischer Lloyd（ドイツ）
National Technical University of Athens（ギリシャ）
DAS - International Development Consultants Ltd.（ギリシャ）
Cork Institute of Technology（アイルランド）
D'Appolonia S.p.A.（イタリア）
RINA（イタリア）
Directorate General for Freight Transport（オランダ）
Det Norske Veritas AS（ノルウェー）
Norwegian University of Science and Technology（ノルウェー）
Instituto Superior Tecnico（ポルトガル）
Bonanca（ポルトガル）
Cetemar（スペイン）
Universitat Politecnica de Catalunya（スペイン）
Swedish Maritime Administration（スウェーデン）
Center for Safety Research（スウェーデン）
Marine Accident Investigation Branch（英国）

プロジェクト総額：325,000 ユーロ（EU 助成 325,000 ユーロを含む。）

BERTRANC プロジェクトは、海上交通の安全性確保の手法、及びグローバルな海上交通の安全性におけるヒューマン・エレメントの影響を検討する汎欧州規模の研究プロジェクトで、EU 各国の海事専門家が幅広く参加している。

プロジェクトの主要目的は以下の通りである。

● 汎 EU で利用可能な共通海難事故調査及び報告システムの構築。

- 海難事故におけるヒューマン・ファクターの役割の理解、及び上記システムにおけるこれらのファクターの説明。

同プロジェクトではその目的のために、以下の作業が行われた。

- EU 加盟国が採用している既存安全手順と手法の理解。
- 他の交通機関の安全手順の理解と海上交通への採用の可能性の検討。
- 航空業界が採用している機密事故報告プログラム CHIRP（Confidential Hazardous Incident Reporting Programme）の海事バージョンの開発。
- 改善ツールの模索。

プロジェクトは 11 の作業パッケージ（WP）に分けられた。

WP 2.1：現行の事故調査手順と手法。
WP 2.2：事故調査官のベスト・プラクティス。
WP 2.3：事故調査官の調査能力。
WP 2.4：事故調査手法のベスト・プラクティス。
WP 2.5：CHIRP のベスト・プラクティス。
WP 2.6：事故データ。
WP 2.7：人口統計。
WP 2.8：共通事故報告手法。
WP 2.9：共通事故報告手法の提案。
WP 2.10：データ収集及び適当なデータベースの調査。
WP 2.11：ヒューマン・エレメント及び改善ツール。

同プロジェクトでは、海難事故におけるヒューマン・エレメントの重要性が再確認された。ヒューマン・エレメントに関連する WP 2.11 では、ヒューマン・ファクターを織り込んだ統計分析を可能にする海難事故データベースが提案された。この提案された事故調査手法が有効に機能するためには、ヒューマン・ファクターに関する特別なトレーニングを受けた事故調査官が必要となるが、現在 EU 各国の事故調査官に対するトレーニング方法や基準は統一されていない。同プロジェクトでは、汎欧州的な調査官チーム育成の基礎となり得るヒューマン・エレメントに関するトレーニングを提案している。

また、多くの海難事故は重大事故ではなく、インシデントやニアミスである場合が多い。事故報告システムの機密性を確保し、それらのインシデントやニアミスの報告が増加すれば、事故防止とヒューマン・エレメント関連のデータベース構築にも役立つ。さらに、最終的な事故分析手法とデータベース構築にはヒューマン・ファクター専門家のインプットが不可欠である。

事故データベースには、事故発生状況、及び安全基準に合わない行動、心理的原因、及び GTF（General Failure Types）と呼ばれる事故要因が含まれる。GTF には以下

が含まれる。

- ハードウェアの故障。
- デザインの不備。
- メンテナンスの不備。
- オペレーションの不備。
- 事故を誘発する状況。
- 物的管理の不備。
- 無理なゴール設定。
- 組織的問題。
- コミュニケーションの不備。
- トレーニングの不備。
- 防止策の不備。

同じく FP4 枠内で実施された CASMET プロジェクトでは、BERTRANC プロジェクトのメンバーが多く参加し、海難事故におけるヒューマン・エレメントの研究を発展させた。

また、BERTRANC プロジェクトの研究成果は、FP5 の THEMES（Thematic Network on Safety Assessment in Waterborne Transport：海上交通の安全性評価に関する研究ネットワーク）等のプロジェクトに引き継がれ、ヒューマン・エレメントを考慮した CHIRP（Confidential Hazardous Incident Reporting Programme）の海事バージョンに代表されるデータベース構築、ヒューマン・エレメント分析能力を持つ海難事故調査官の育成、及び海難事故の原因解明に役立つマリン・ブラック・ボックス、即ち VDR の研究が進められた。

6.3 CASMET（FP4、1998～1999 年）

主なプロジェクト参加企業・組織：
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS（ギリシャ）
DET NORSKE VERITAS AS（ノルウェー）
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO, UNIVERSIDADE TECHNICA DE LISBOA（ポルトガル）
NORWEGIAN MARINE TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE（ノルウェー）
NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH（オランダ）

プロジェクト総額：600,000 ユーロ（EU 助成 350,000 ユーロを含む。）

前述の BERTRANC プロジェクトの後継プロジェクトである実施期間 1 年半の CASMET（Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations：海難事故分析方法）プロジェクトでは、海難事故におけるヒューマン・エレメントの詳細な研究がなされた。同プロジェクトの主な目的は以下の通りである。

(1) 人的及び組織的エラー（human and organisational errors：HOE）を十分に考慮した海難事故分析手法の開発。
(2) HOE を考慮し、事故モデルに基づいた事故評価ツールの開発。
(3) 提案された事故分析手法と評価ツールの実際の事故例を用いた検証。
(4) 共通 EU 事故データベースに使用される事故調査・分析手順及び手法の開発。

CASMET プロジェクトは、現行の海難事故調査において HOE に関する考慮が不十分であること、また調査方法が欧州各国で大きく異なることを問題として認識し、欧州全体で共通に使用できる理想的な手法の開発を目的とした。このため、欧州以外の事故調査方法や他産業（航空、原子力、オフショア）で採用されている手法も研究、検討された。

CASMET プロジェクトのアプローチは、分析手法の開発とデータベースに含まれる情報のコード化を相互関連のある 2 つの柱としている。分析方法の開発には情報収集の方法が含まれ、収集された情報はコード化されてデータベースにインプットされる。主なプロジェクト作業は以下の通りである。

- 初期データ収集。
- 事故状況の確認と再現。
- ヒューマン・ファクター分析。
- システム、危険物質、環境分析。
- 相互関係の分析

CASMET プロジェクトの特徴のひとつは、コンピューターを用いて事故におけるヒューマン・ファクターの役割の分析を行ったことである。使用したコンピューター・ツールは質疑応答形式で、調査官が回答に応じて質問を進めていくことができる。
プロジェクトの結論としては以下が確認され、今後の更なる研究を要するとされた。

- 高度なトレーニングを受けた乗員の必要性。一般的なリスク軽減に有効。
- ISM コードの実施は事故防止に役立つと予想される。
- 事故リスクの軽減を目指した高度技術システムの役割に関しては、更なる調査が必要である。プロジェクトで検討された衝突及び沈没事故事例のいくつかでは、そのようなシステムの使用により事故が回避された可能性が認められる。
- ばら積み船の強度基準等の船舶の技術的側面に関連する要因のみが事故回避に寄与するとの問題に関しては、更なる調査が必要である。

- 汎欧州的に利用可能な共通事故データベースの構築が必要である。データベースは統計収集だけではなく、個々の事故の分析と評価を容易にするものである。

プロジェクトで開発された事故分析手法は、そのまま事故調査当局が実用化することが可能で、既に英国とノルウェーが採用を検討している。プロジェクトでは、この手法が欧州の多くの事故調査当局に利用され、更なる普及に向けて検討されることを期待している。

6.4 ROTIS プロジェクト

6.4.1 ROTIS（FP4、1998～2002 年）

プロジェクト参加企業・組織：
TECNOMARE SPA - SOCIETA PER LO SVILUPPO DELLE TECNOLOGIE MARINE（イタリア、プロジェクト・コーディネーター）
Commission of the European Communities（イタリア）
Zenon SA Robotics and Informatics（ギリシャ）
Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente (ENEA)（イタリア）
Lloyd's Register of Shipping and Industrial Services S.A.（ギリシャ）
CS & Associates Ltd.（ギリシャ）
Avin Oil Trader Maritime Company（ギリシャ）
Helsinki University of Technology（フィンランド）

プロジェクト総額：不明

環境保護と安全性確保のために、タンカー及び乾貨物船のバラスト・タンク及び貨物スペースの定期的検査は国際法で義務付けられている。現時点では定期検査は検査官による直接検査が行われており、建造時から船の一生を通じて行われる検査のコストは、1 隻につき年間平均 80,000 ユーロと見積もられている。ROTIS（Remotely operated tanker inspection system：タンカーの遠隔操作検査システム）プロジェクトでは、浮遊式検査装置の遠隔操作によるタンカー検査システム「ROTIS」の開発を目指した。

ROTIS の主要サブシステムは以下の通りである。

- 水中浮遊装置：限られた場所で操作可能なサイズ、重量、操作性、制御性を考慮。内部センサーと高精度ビデオ・カメラにより、遠隔操作と視覚検査が可能。
- 自動ケーブル管理システム：上記装置に付随し、光ファイバー・ケーブルを制御。
- ミニ・アーム：装置のドッキング、クリーニング、船殻厚さの測定等を行う多機能アーム。

● 制御ユニット：オペレーターと装置のヒューマン・マシン・インターフェイス（HMI）を考慮。HMI にはグラフィックスを用いる。

同プロジェクトでは、ROTIS のプロトタイプが製作され、検査当局の監視の下での実験が行われた。ROTIS によるコスト削減が期待されており、プロジェクトでは数年内に船級協会による型式承認と製品実用化を目指している。ROTIS はコスト削減だけではなく、検査の安全性向上と同時に航行安全と環境保護にも寄与するシステムである。

6.4.2 ROTIS II（FP6、2004～2007 年）

プロジェクト参加企業・組織：
TECNOMARE SPA - SOCIETA PER LO SVILUPPO DELLE TECNOLOGIE MARINE（イタリア、プロジェクト・コーディネーター）
Commission of the European Communities（イタリア）
Lloyd's Register of Shipping and Industrial Services S.A.（ギリシャ）
CS & Associates Ltd.（ギリシャ）
Avin Oil Trader Maritime Company（ギリシャ）
CYBERNETIX S.A.（フランス）

プロジェクト総額：328 万ユーロ（EU 助成 170 万ユーロを含む。）

地域環境に多大な被害をもたらした 1999 年のエリカ号事故及び 2002 年のプレステージ号事故以来、船体の定期検査の重要性は更に高まっている。

定期検査は、至近距離からの視覚的検査及び船体鋼板の厚さの検査であるが、検査前の乾ドックと貨物スペースを空にすることが必要で、大型ダブルハル・タンカーではそのコストは 10 万ドル以上に上る。

ROTIS II プロジェクトでは、2002 年 6 月に完了した ROTIS プロジェクトで作成されたプロトタイプを改良し、全ての安全及び技術要求を満たす新たな ROTIS II プロトタイプの仕様、デザイン、実用化の研究開発を行っている。

6.5 WORKPORT（FP4、1998〜1999 年）

プロジェクト参加企業・組織： NETHERLANDS ECONOMIC INSTITUTE（オランダ） CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AB（スウェーデン） PORT AND TRANSPORT CONSULTING BREMEN GMBH（ドイツ） GERHARD-MERCATOR-UNIVERSITY GESAMTHOCHSCHULE DUISBURG（ドイツ） TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND（フィンランド） UNIVERSITY OF WALES CARDIFF（英国） プロジェクト総額：822,000 ユーロ（EU 助成 60,000 ユーロを含む。）

WORKPORT（Work organisation in ports：港湾における労働体制）プロジェクトは、港湾における作業環境への新技術の影響を考察し、また新たな要求に対応する港湾の管理及び組織体制を研究した。プロジェクトの主要目的は以下の通りである。

- 港湾に新技術を導入し、海上交通の効率化とインターモーダル輸送への統合に寄与する。
- ヒューマン・ファクターへの新技術導入の影響を検討する。作業の安全性、作業環境、資格、教育やトレーニングへの影響が含まれる。
- 国際的な港湾関連の技術及び管理体制のトレンドを研究する。
- 他の産業セクターにおける作業環境の利点、問題点を研究する。
- FP4 で研究開発された新技術の港湾への影響を検討する。
- 港湾での作業体制の変化に伴う作業員の資格、役割、組織体制等を検討する。

プロジェクトには、欧州域内の 6 港湾組織（英国イミンガム港、ドイツのデュイスブルク内陸港、ギリシャのテサロニキ港、スウェーデンのヨーテボリ港、オランダのロッテルダム港、フィンランドのコトカ港）が参加した。

また、WORKPORT プロジェクトは、他の EU プロジェクト（WORKFRET、THALASSES、SPHERE、MET、EUROBORDER、INTERPORT）とも関連している。

6.6 CA-FSEA（FP4、1996～1999 年）

プロジェクト参加企業・組織：
Germanischer Lloyd（ドイツ、プロジェクト・コーディネーター）
RINAVE-Consultadoria E Servicos, LDA（ポルトガル）
Registro Italiano Navale（イタリア）
Instituto Superior Técnico（ポルトガル）
Directorate for Transport Safety, Safety Management Division（オランダ）
Marine Safety Agency (現 Maritime and Coastguard Agency) （英国）
SSPA Maritime Consulting（スウェーデン）
Det Norske Veritas（ノルウェー）
VTT Manufacturing Technology（フィンランド）
Hellenic Register of Shipping（ギリシャ）
Bureau Veritas（フランス）

プロジェクト総額：409,000 ユーロ（EU が全額出資）

CA-FSEA(Concerted Action on Formal Safety and Environmental Assessment of Ship Operations：欧州海域海上輸送の総合リスク評価手法に関する協調アクション) プロジェクトは、欧州船舶の安全性及び環境への影響の評価手法の開発と実施に関する汎欧州プロジェクトで、上記 11 カ国からの参加メンバーに加え、他の欧州諸国からのオブザーバーが参加した。プロジェクトの主な目的は以下の通りである。

- 欧州海運専門家を集め、安全性及び環境への影響の共通評価手法を模索する。
- その実施方法を検討する。
- 海運規制に関する欧州の共通姿勢を検討する。
- 安全性及び環境への影響の共通認識と評価手法に関して更なる研究・検討が必要な分野を特定する。

同プロジェクトは 16 の作業に別れているが、ヒューマン・ファクターをどのようにリスク評価手法に統合するかも作業のひとつとして研究された。

リスク評価手法としては以下の項目が研究対象となった。

- 総合安全性評価(FSA)：人、物、環境へのリスクを含む。
- 環境インデックス：船舶及び船舶のシステムの環境性を指標化する複雑なシステム。
- 環境責任：船舶の環境汚染物質排出量を監視。
- グリーン･アワード・システム：環境性の高い船舶に対しては入港税を削減。
- 国際海事安全性評価システム（The International Marine Safety Rating

System：IMSRS®）：ISM コードに準じた船舶管理、運航、配乗に関する安全性評価システム。

- ポート・ステート・コントロール：サブスタンダード船の削減。
- ヒューマン・ファクター及び組織ファクターの評価：ヒューマン・エラーにおける管理体制、環境の影響。
- 現行評価手法の評価。
- 他産業セクターのリスク評価手法：航空、原子力発電、オフショア、鉄道産業の手法を分析。

ヒューマン・ファクターと組織ファクターのリスク分析に関しては、既にリスク・ベースのアプローチ手法が存在するが、それらファクターの安全性及び環境評価への統合に関しては、従来の数量的データを対象としたアプローチが適用できないこともあり、その手法は確立されていない。しかし、量的分析にも数値以外の判断や調整要素があり、ヒューマン・ファクターや組織ファクターへの適応も考慮されるべきである。これらのファクターへの理解と認識不足も問題となっている。

一方、ヒューマン・ファクター、組織ファクターをリスク評価手法に質的に統合することも検討されているが、長期的には質的評価だけでは不十分である。プロジェクトでは、ヒューマン及び組織ファクターのモデリング、データベース構築、統計分析を進め、これらのファクターを量的評価のアルゴリズムに統合することが提案されている。

6.7 ATOMOS プロジェクト

1992 年から 10 年間にわたって実施された ATOMOS（Advanced Technology to Optimize Maritime Operational Safety：航行安全性を最適化する先進技術）プロジェクトは、船舶・舶用技術関連の FP プロジェクトの中でも最も大規模な研究開発プロジェクトのひとつであり、欧州海事産業のヒューマン・エレメント研究とその発展に深く関連している。また、IMO のヒューマン・エレメント政策にも影響を与えている。

ATOMOS プロジェクトの目的は、航行の安全性を損なわずに人件費を削減することを可能にするために、高度に自動化された効率的な制御システムを持つ船舶を設計、建造することである。

ATOMOS プロジェクトは、欧州船籍の商船の職場環境の悪化は、乗組員の人件費増加が主な原因のひとつであるとの認識に基づいている。プロジェクトでは、人間（ヒューマン）と機械（マシン）の関係（インターフェイス）に焦点を当て、開発された技術とシステムは人間の限界を考慮したものとなっている。人間の限界を超えて安全性を犠牲にすることはできないが、船舶は効率的に航行し、価格、時間、品質において競争力を維持しなければならない。そのため、ユーザーの能力を最大限に活かし、安全性と効率を高めることのできる高度な情報処理システムの開発がプロジェクトの課題となった。

プロジェクトの最初の目的は、安全性と効率の向上を目指したヒューマン・マシン・インターフェイス（HMI）を統合した船舶制御システムの概念的標準の開発である。次にコスト効果を考慮した総合的な指令、制御、アラーム、情報を改良したシステムを開発する。この目的は、複数のサプライヤーからのシステム・モジュールからも構築可能な統合船舶制御（Integrated Ship Control : ISC）システムの標準化につながる。最終的には、ATOMOS IV プロジェクトで新システムを実船に搭載し、実証実験を行った。

以下に ATOMOS I、II、IV プロジェクトの概要と結果の概要を述べる。

6.7.1 ATOMOS I（FP2、1992～1994 年）

OPTIMIZATION OF MANPOWER IN MARINE TRANSPORT. IMPROVEMENT OF COMPETITIVENESS IN COMMUNITY TRANSPORT THROUGH IMPLEMENTING ADVANCED TECHNOLOGY

プロジェクト参加企業・組織：
DANISH STATE RAILWAYS（デンマーク、プロジェクト・コーディネーター）
National Technical University of Athens（ギリシャ）
Soren T. Lyngso A/S（デンマーク）
DMT Deutsche Marinetechnik GmbH（ドイツ）
Lloyds Register of Shipping（英国）

プロジェクト総額：不明

第 1 次 ATOMOS プロジェクトの副題は「海運におけるマンパワーの最適化及び高度技術の利用による競争力の改善」となっており、最終目的は欧州商船隊の競争力の向上である。同プロジェクトでは、船舶の構造、用途等の違いを考慮し、高度技術が増加傾向にある船舶の乗組員構成をそれぞれ最適化する方法を検討した。競争力向上のためには、乗組員コストの削減が課題となっており、そのためには少人数でも安全かつ効率的に操作できる統合されたシステムが不可欠である。

プロジェクト作業プログラムは 1990 年に決定された FP2 内の交通・輸送分野をカバーする EURET プログラムに基づいており、参加メンバーが「Projekt Skib」や「Schiff der Zunkunft」プロジェクトで開発した既存の統合船舶制御システム（ISC）を基礎とした新システムのプロトタイプの研究開発を行った。

プロジェクト作業は、以下のタスクに分かれて行われた。

TASK 1：経済分析
TASK 2：統合船舶制御(ISC)
TASK 3：航路計画と航行
TASK 4：ダメージと緊急事態のコントロール

TASK 5：同上
TASK 6：診断とアラーム
TASK 7：定期メンテナンス
TASK 8：機器とシステムのインターフェイス要求
TASK 9：船舶制御センター（SCC：ブリッジ）のデザイン要求:
TASK 10：リスク分析と安全性評価
TASK 11：内蔵テスト・システムと故障診断システムの要求
TASK 12：データ記録の送信要求
TASK 13：書類とマニュアルの要求
TASK 14：情報コミュニケーション・システム
TASK 15：定期メンテナンス
TASK 16：船舶管理
TASK 17：当直に関する IMO の将来的要求
TASK 18：教育に関する将来的要求
TASK 19：総コスト効果分析

6.7.2 ATOMOS II（FP4、1996～1998 年）

プロジェクト参加企業・組織：
DANISH RAILWAYS（デンマーク、プロジェクト・コーディネーター）
DANISH MARITIME INSTITUTE（デンマーク）
AALBORG UNIVERSITY（デンマーク）
LOGIMATIC A/S（デンマーク）
D'APPOLONIA S.P.A.（イタリア）
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS（ギリシャ）
STN ATLAS ELEKTRONIK GMBH（ドイツ）
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING（英国）
LYNGSOE MARINE A/S（デンマーク）
NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH（オランダ）

プロジェクト総額：5,935,946 ユーロ（EU 助成 3,299,685 ユーロを含む。）

ATOMOS II プロジェクトは、ATOMOS I の研究結果を踏まえ、統合船舶制御（Integrated Ship Control：ISC）システムを発展させた船舶制御センター（Ship Control Centre: SCC）の研究開発を行った。プロジェクトの副題は、「統合とインターフェイス」である。プロジェクト参加メンバーも増え、今回からはドイツの大手航海機器システム・メーカーの STN ATLAS 社が参加した。

ATOMOS II プロジェクトの目的と成果の概要は以下の通りである。

(1) SCC デザイン概念の標準化

ATOMOS II で開発された HMI を考慮した SCC デザイン概念は、ISO/IEC フォーマットで作成され、ISO の TC8（船舶及び海洋技術専門委員会）に提出され、高い評価を受けた。(「General principles for the development and use of Programmable Electronic Systems (PES) in marine applications」 – ISO 17894)

(2) 高度情報処理技術の開発

情報の統合化により、ユーザーのパフォーマンスを向上させ、意思決定を改善するシステムの研究が行われた。

(3) SCC デザイン概念の効率及び安全性の評価

部分的及びフル・ミッション・レベルで総合的な測定と評価が実施された結果、新システムは安全性と効率を大幅に改善し、ユーザーの満足度も高いことが証明された。一例としては、通常の航海機器システムでは 40 時間のトレーニングが必要なところ、ATOMOS II の SCC では 1 時間のトレーニングで同等の結果が得られた。また、同 SCC を使用した場合、衝突のリスクも大幅に軽減されると評価された。

(4) ISC システム概念の標準化

将来的な ISC システムの標準化につながる研究を行った。また、プロジェクト・メンバーがそれぞれ IEC の関連作業部会に出席し、ISC 概念の普及に努めた。

(5) HMI（ヒューマン - マシン・インターフェイス）の標準化

統一した HMI に関する基準を作成し、プロジェクト内の諸アプリケーションに採用した。標準化された HMI は SCC デザインにも統合され、そのユーザビリティーと安全性向上及び効率化への寄与は、プロジェクトで実施した数々の実証実験により証明された。

(6) プロセス・ネットワークの標準化

ATOMOS I のプロセス・ネットワークのパフォーマンス予測ツール等を改良し、信頼性を向上させ、ATOMOS II T-profile と関連ハードウェアを実用化した。

(7) ISC システムの相互運用性及び相互接続性

ATOMOS II、PISCHES 及び DISC II プロジェクトで標準化された上記プロセス・ネットワークの相互運用性と相互接続性が要求基準を完全に満たしているか否かに関しては、証明されていない。このため、DISC（Demonstration of Integrated Ship Control (ISC) by way of Inter-European Implementation）プロジェクトは、ATOMOS と同時進行で行われた。

6.7.3 ATOMOS IV（FP5、2000～2003 年）

プロジェクト参加企業・組織：
FORCE TECHNOLOGY（デンマーク、プロジェクト・コーディネーター）
LOGIMATIC A/S（デンマーク）
AALBORG UNIVERSITY（デンマーク）
LYNGSØ MARINE A/S（デンマーク）
CENTRO DE ESTUDIOS TECNICO-MARITIMOS SOCIEDAD LIMITADA（スペイン）
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS（ギリシャ）
D'APPOLONIA S.P.A（イタリア）
STN ATLAS MARINE ELECTRONICS GmbH（ドイツ）
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING（英国）
INSTITUTE OF SHIP OPERATION, SEA TRANSPORT AND SIMULATION（ドイツ）
SWEDISH MARITIME INSTITUTE（スウェーデン）
TNO TECHNISCHE MENSKUNDE（ドイツ）

プロジェクト総額：7,202,228 ユーロ（EU 助成 4,012,486 を含む。）

ATOMOS IV プロジェクトの副題は「インテリジェント・シップ」で、ATOMOS I 及び II で研究開発された ISC（Integrated Ship Control）を実船にレトロフィットし、実証実験を行った。プロジェクトの中心となる技術は、ISC、人間中心デザイン、総合安全性評価（FSA）である。

(1) プロジェクト概要

プロジェクトは 10 の作業パッケージに分けられ、それぞれ進められた。その概要は以下の通りである。

WP1：船舶の総合的アップグレード戦略

既存船に ATOMOS システムをレトロフィットする場合の総合戦略を決定。まずレトロフィットの経済的及び安全面での利点を分析し、次に既存 EU 船舶の船体及び機器の状況に関する技術分析を行う。最終的にはレトロフィット戦略の実船における評価を行う。

WP2：機器のアップグレード戦略

WP1 に続き、WP2 では ISC（Integrate Ship Control）システムの既存船へのレトロフィットに関するユーザー要求の評価を行う。

WP3 : SCC（Ship Control Centre）の開発

SCC のレトロフットに関するデザインを行う。主な作業は、デモ用 SCC の設計、新システムのための人員トレーニング方法の決定、レトロフィットするスペースのデザイン、シミュレーションによる評価等である。

WP4A : システム統合のためのツールとメカニズム

これまで主にコミュニケーションに関するインターフェイスの標準化がシステム統合のソリューションであると考えられていたが、ATOMOS ではそれだけでは不十分であるとの認識の下に、新造船及びレトロフィットの場合の複雑なシステム統合ための最適なツールとメカニズムを開発する。

WP4B : オートメーション・システムのアップグレード

レトロフィットの対象となる既存船のエンジン・コントロール機能をブリッジの SCC システム、即ちオートメーション機能に統合するためのアップグレード。

WP4C : 航海機器システムのレトロフィット

WP2 で開発された人間工学を考慮したユーザー中心のレトロフィット方法に従い、型式承認済みの ECDIS、ARPA レーダーのレトロフィットを行う。また、AIS 情報を統合したディスプレイの開発を行う。

WP4D : 共通サービス

ATOMOS ネットワークに接続されたアプリケーションやシステム向けの以下の 4 つの共通サービスの開発。

①船舶と陸上のデータ通信網。遠隔操作によるモニタリング、メンテナンス、非常事態の管理等。
②船舶の推進、操作等のシステムの故障の早期発見のためのモニタリング及び診断システム。
③コンピューター化されたメンテナンス計画と故障時の遠隔サポート。
④船内アプリケーションの電子技術マニュアルと情報のブラウジング設備。

WP5 : 統合及び予備テスト

実際のレトロフィットに備えたシステム統合プロセスの分析とテスト・プログラムの決定。統合システムの工場での最終テスト、及び設置方法の準備。

WP6 : システム設置

ATOMOS IV システムの実船への設置。当該船の広いブリッジに ATOMOS IV の SCC と既存のコントロール・パネルの両方を設置し、比較テストとデモを可能にする。

ATOMOS IV のトライアルに使用された船舶は、スウェーデン海事庁所有の既存砕氷船「FREJ」である。

トライアルに使用された機器

砕氷船「FREJ」の船橋にレトロフィットされた主要機器は以下の通り。主に STN Atlas 社（当時）製。

① Radiopilot 1000 シリーズのレーダー　5 基。
② X バンド及び S バンド・アンテナ。
③ Chartpilot 9330 ECDIS　5 基。
④ PC　2 基。
⑤ ディスプレイ・モニター　1 基。
⑥ Debeg 3270 Inmarsat F77　衛星通信ターミナル。

WP7 : プロジェクト評価

WP2、4、5、9 等の開発を目的とした WP に統合され、プロジェクトが予定通りに進行し、目標を達成することを援助。また、技術レベル、人間レベルでの安全性、及び燃費、メンテナンス・コスト、人員削減等に関するコスト効率の評価を行う。

WP8 : 外部評価

船級協会及び規制当局がプロジェクトの外部評価を行い、新システムの安全性評価と新評価方法の実証を行う。プロジェクトの進展に伴い、定められた基準の監査と検査技術を用いた技術の評価を行い、同時に評価プロセスの効率や利便性も再評価される。その結果は規制当局にフィードバックされ、新アプローチの普及に役立てる。

WP9 : 最終テスト

全システム、機器、及びその設置 に関するトライアルによる最終テスト。機器の搬入、設置、実行、測定、及び SCC の仕様との照合。

WP10 : プロジェクト結果の活用と普及

プロジェクトの結果と恩恵を、効果的かつプロフェッショナルなプレゼンテーション、デモ、ウェブサイト及び新技術標準構築等を通じて EU 内の関係者やステークホルダーに幅広く伝える。

(2) プロジェクトの結果

最新機器及びシステムの既存船へのレトロフィットは十分に可能、かつ有効であることが証明され、予想された通りの結果となった。

11 年間近くに及ぶ ATOMOS プロジェクトの集大成は、ヒューマン・エレメント、即ち統合システムの一部としての人間の存在と役割を考慮した最新機器統合システム「Ship Control Centre」のコンセプトの開発と実証である。

ATOMOS IV では、ATOMOS II で開発されたコンセプトを用い、シミュレーション実験を経て、スウェーデン政府の砕氷船「FREJ」への「Ship Control Centre」のレトロフィットを行った。レトロフィットに際しては、ステークホルダー（利害関係者）分析を行い、特にユーザーへの人間工学的な利点を考慮した。

同プロジェクトのステークホルダーは以下の通り。

●航海士
●船橋での操作により影響を受ける可能性のあるその他の船員
●船主、船社
●保険会社
●規制当局
●メンテナンス担当者
●他船の船員

通常の新造船の場合には、この他に以下のステークホルダーが考えられる。

●造船所
●インベスター、投資銀行
●船員組合
●船級協会、検査機関
●船員教育機関
●デザイナー、システム設置担当者

ATOMOS プロジェクトはひとつの方法論であり、全ての場合に当てはまるソリューション、システムではない。また、既存船へのレトロフィットだけではなく、新造船へのシステム設置へのコンセプトとしてももちろん有効である。現在 ATOMOS プロジェクトの結果を、IMO 勧告として発表し、ヒューマン・エレメントを考慮した新システム設置及びレトロフィット方法の基準として活用することが検討されている。

6.8 THALASSES（FP4、1998～1999 年）

プロジェクト参加企業・組織：
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI（ギリシャ、プロジェクト・コーディネーター）
TRANSEUROPEAN CONSULTING UNIT OF THESSALONIKI, S.A.（ギリシャ）
FACHHOCHSCHULE HAMBURG（ドイツ）
AGENCE DE COOPERATION POUR L'EUROPE DE LA MER（フランス）
BILLINGTON OSBORNE-MOSS ENGINEERING LTD（英国）
NETHERLANDS ECONOMIC INSTITUTE B.V.（オランダ）

プロジェクト総額：462,400 ユーロ（内、EU 助成：300,000 ユーロ）

FP4 枠内で実施された THALASSES プロジェクトの正式名称は、「Evaluation of the impacts of new Technologies in maritime transport in the HumAn eLement

through the creation of a constructive technology ASSESsment network」、即ち「技術評価・ネットワーク構築による海運新技術のヒューマン・エレメントへの影響に関する評価」である。同プロジェクトは、他の EU プロジェクト（WORKFRET,、ATOMOS II、MASIS II、POSEIDON、SHIDESS 等）と関連して進められた。プロジェクトの主な目的と成果は以下の通りである。

プロジェクトの目的

- 海運新技術のヒューマン・エレメントの社会的、経済的影響の評価。
- ヒューマン・エレメントに影響を及ぼす新技術開発トレンドの研究。
- 社会的、経済的影響が大きい分野の特定。
- 新技術導入による乗組員の役割の変化と将来的シナリオの分析。
- 人員削減を目指した技術開発に関する調査。
- ヒューマン＝マシン・インターフェイス（HMI）の改善による船舶運航の改善策の評価手法。

プロジェクトの成果

- 他産業での実績を基に、人間中心デザインにより乗組員の職務満足が高まることを実証。
- 選択分析（SPA), 多基準分析（MCA)、社会的影響表(SIT)という評価ツールの開発と実証。
- 安全性と労働環境の改善を目指した新技術は、顧客の要求によるコスト効率改善を目的とした新技術よりも乗組員に受け入れられやすい。
- 航行の安全性を大きく向上させる ECDIS 導入を促すため、コンピューター・ベースの乗組員トレーニング・ツールを開発。
- 海事教育・トレーニング（MET）に関連した技術革新は、STCW 枠内で実施するべきであることを強調。

6.9 RINAC（FP4、1997～1998 年）

プロジェクト参加企業・メンバー：
NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH（オランダ）
MINISTRY OF TRANSPORT, PUBLIC WORKS AND WATER MANAGEMENT（オランダ）
MARINE ANALYTICS B.V. （オランダ）
MARITIME SIMULATION CENTRE THE NETHERLANDS（オランダ）
INTERNATIONALE NAVIGATIE APPARATEN B.V.（オランダ）
HOLLAND INSTITUTE OF TRAFFIC TECHNOLOGY B.V.（オランダ）
DAIMLER-BENZ AEROSPACE AG（ドイツ）
EUROPÄISCHES ENTWICKLUNGSZENTRUM FÜR DIE BINNENSCHIFFAHRT E.V. DUISBURG（ドイツ）
TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND（フィンランド）
INSTITUT FRANCAIS DE NAVIGATION（フランス）
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITÉ（フランス）
OPEFORM（フランス）
POLO TECNOLOGICO MARINO MARITTIMO S.C.R.L.（イタリア）

プロジェクト総額：527,000 ユーロ（全額を EU が出資。）

1997～1998 年に実施された RINAC（River based Information, Navigation and Communication：河川交通の情報、航行、コミュニケーション）プロジェクトは、現在音声通信とレーダーに頼っている内陸水路交通の航法の代替となる、交通量増加や船舶大型化に対応し得る新技術を導入した RINAC システムの開発を行った。また新技術、新システムの導入に伴うトレーニング方法を模索した。新技術導入に際しては、マン＝マシン・インターフェイスの考慮により、安全性と効率を向上させることを目指す。

プロジェクトの主な作業と成果は以下の通りである。

- ユーザー、アプリケーション、ディストリビューション、コミュニケーションの 4 層のブロックから構成される統合情報・航行・コミュニケーション・システムを開発。
- INCARNATION プロジェクトで提案されたユーザーに重要な交通画像を配信する河川情報サービス（RIS）の見直し。
- 現行の通信システムの分析、及び最新の衛星技術を利用した通信方法の RINAC システムへの導入に関する研究。

- 河川航行用 ECDIS の開発を目指したデータ管理要求のインベントリーを作成。オーストリア、ドイツ、オランダ、フランスの現状を把握。
- 日常的及び戦略的な HMI 要求の検討。
- 現行の内陸水路船航海士のトレーニング及び資格の見直し。
- 新技術を導入した情報機器を使用するためのトレーニングと資格に関する提案。
- 提案された RINAC システムは、今後更なる調査と実証実験が必要である。
- レーダーと ECDIS を使用したワンマン・ブリッジ・オペレーション（1 人当直）に関しても作業量と効率の更なる分析が必要である。

6.10 MASSTER（FP4、1996～1999 年）

プロジェクト参加企業・組織：
FACHHOCHSCHULE HAMBURG（ドイツ）
MARITIME SIMULATION CENTRE THE NETHERLANDS（オランダ）
SOUTHAMPTON INSTITUTE（英国）
HOCHSCHULE WISMAR（ドイツ）
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO, UNIVERSIDADE TECHNICA DE LISBOA（ポルトガル）
DANISH MARITIME INSTITUTE（デンマーク）
TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND（フィンランド）

プロジェクト総額：1,050,311 ユーロ（EU 助成 700,017 ユーロを含む。）

MASSTER（Maritime Standardised Simulator Training Exercises Register：海事シミュレーター・トレーニングの標準化）プロジェクトは、STCW 条約に準拠した汎欧州トレーニング基準を提案した METHAR プロジェクトを基礎に、新航海技術を導入したシミュレーターを使用したトレーニング方法を、部分的タスク、フル・ミッション、及び異なる目的に応じて効率化し、汎欧州的に標準化することを目指した。

プロジェクトの主な目的、作業及び結果は以下の通りである。

- 既存の部分的タスク及びフル・ミッション型のシミュレーターの能力、今後の発展、利用度、トレーニング・コースへの適応性等に関する総合的な調査。
- 1995 年 STCW 条約（Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers：船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約）のガイドラインに沿ったトレーニング要綱を作成。
- STCW 条約の要求に加え、ECDIS 等の新技術、高速船、マネジメントに対応するトレーニング方法を開発。
- 特にヒューマン・ファクターに関連したトレーニングに焦点を当て、数々のシナリオと手法を検討。

● トレーニングの効果を評価するツールを開発。

6.11 FSA-HSC（FP4、1996～1998 年）

プロジェクト参加企業・組織： Bureau Veritas（フランス） Empresa Nacional Bazan de Construcciones Navales Militares S.A.（スペイン） Marine Safety Agency（英国） THE ITALIAN SHIP RESEARCH CENTRE（イタリア） Danish State Railways-Ferry Division（デンマーク） MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH（ドイツ） プロジェクト総額：不明

FP4 枠内で実施された FSA-HSC プロジェクトの正式名称は、「Formal Safety Assessment（FSA）of High Speed Craft（HSC）- Propulsion and Manoeuvring System Reliability：高速船の総合安全性評価 - 推進及び操船システムの信頼性」である。

海運業界の安全性概念は、安全要求基準の遵守という従来の手法から、他産業でその効率が実証された柔軟性のあるリスク・ベースの手法を採用した総合安全性評価（FSA）に変化しつつある。同プロジェクトの目的は、FSA 手法を技術進歩の著しい高速船（HSC）分野に適用することである。

プロジェクトの主な目的は以下の通りである。

- 高速船特有の推進及び操船システムに関する信頼性、有効性及び弱点の分析。
- 高速船関連システムの信頼性、運航実績、事故等に関するデータベースを構築し、リスク分析やコスト効果分析に利用する。
- FSA の既存デザイン及び安全規制への影響を調査する。

プロジェクトには、高速船分野で実績を持つ欧州の船舶安全性・リスク分析組織(BV, MSA, CETENA)、エンジン・メーカー(MTU)、造船所(BAZAN)、船社(DSB)が参加した。

FSA は、船舶の生涯を通じて起こりえる事故を、ヒューマン・エレメントの考慮を含めたシステマティックな方法で分析するフレームワークである。FSA の適用により、高速船の信頼性が向上し、事故減少、製造の効率化、運用コストの減少が期待できるため、高速船輸送の競争力が向上すると考えられる。

6.12 THEMES（FP5、2000～2003 年）

プロジェクト参加企業・組織：
DNV Det Norske Veritas（ノルウェー、プロジェクト・コーディネーター）
MARINTEK（ノルウェー）
NSA Norwegian Shipowner Association（ノルウェー）
NUST Norwegian University of Science and Technology, Division of Marine Systems Design（ノルウェー）
Bureau Veritas（フランス）
IFN Institut Français de Navigation（フランス）
Chantiers De L'Atlantique（フランス）
D'Appolonia S.p.A.（イタリア）
METTLE Maritime Engineering and Technology for Transport, Logistics and Education（アイルランド）
JRC Joint Research Centre - Institute for Systems（アイルランド）
SSPA Sweden AB（スウェーデン）
UU-HCI Uppsala University Department of Human-Computer Interaction, Information Technology（スウェーデン）
BMT British Maritime Technology Ltd（英国）
BOMEL Ltd（英国）
MATSU AEA Technology Plc（英国）
MCA The Maritime and Coastguard Agency（英国）
CETEMAR Centre for Technical/Maritime Investigation（スペイン）
Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate for Transport Safety（オランダ）
MIWB The Maritime Institute Willem Barentz（オランダ）
MSR Maritime Simulation Rotterdam b.v.（オランダ）
Global Maritime B.V.（オランダ）
DMI Danish Maritime Institute（デンマーク）
RISOE National Laboratory（デンマーク）
FRESTI（ポルトガル）
IST Instituto Superior Tecnico（ポルトガル）
ITEC Instituto Tecnologico Para A Europa Comunitaria（ポルトガル）
LISNAVE Estaleiros Navais S.A.（ポルトガル）
RINAVE Registro Internacional Naval（ポルトガル）
Germanischer Loyds（ドイツ）
NTUA National Technical University of Athens（ギリシャ）
TRUTH Transeuropean Consulting Unit of Thessaloniki S.A.（ギリシャ）
VTT Technical Research Centre of Finland（フィンランド）
Malta Maritime Authority, Merchant Shipping Directorate（マルタ）

NMD Norwegian Maritime Directorate（ノルウェー）

プロジェクト総額：1,334,160 ユーロ（全額を EU が出資。）

THEMES（Thematic Network on Maritime Safety：海事安全性に関する研究ネットワーク）プロジェクトは、FP4 枠内で実施された安全性に関する３つの EU プロジェクト、即ち CA-FSEA、 BERTRANC、CASMET の結果を基礎としている。

同プロジェクトの主要目的は、参加組織・企業が共同研究によって汎欧州的戦略を打ち出し、長期的視野に立った安全性概念の促進により、海運業全体の安全性と環境性を高めることである。

THEMES プロジェクトは、以下の作業パッケージに分かれている。
WP I：欧州海上・水上交通の安全性評価のフレームワーク構築。
WP II：汎欧州情報システム。
WP III: CHIRP（事故報告システム)、VDR、事故データ。
WP IV：ヒューマン・エレメント。
WP V：安全性及び環境性評価手法。
WP VI：安全管理。
WP VII：ネットワーク管理。

ヒューマン・エレメント研究に関する WP IV の目的は、海難事故とヒューマン・エレメントの関連性及び現在のヒューマン・エレメント分析手法に関するエンド・ユーザーの知識と認識を高めることであり、D'APPOLONIA をコーディネーターとして、CA-FSEA で提案された以下の追加研究を行った。

- 幅広いエンド・ユーザー層に適用可能な将来的及び経験的なヒューマン・エレメント分析方法の選択。
- 上記の FSA 手法への統合方法、及び IMO の FSA 人間信頼性分析（Human Reliability Analysis）ガイドラインとの関係を調査。
- 意思決定方法おける問題点の分析方法の不備及び弱点の調査。
- 今後必要な改善の特定。

6.13 ITEA-DS（FP5、2000～2002 年）

プロジェクト参加企業・組織：
AUTORITA PORTUALE LIVORNO（イタリア、プロジェクト・コーディネーター）
KONGSBERG MARITIME SHIP SYSTEMS AS（ノルウェー）
XANTIC - S.P.A.（イタリア）
MINOAN LINES SHIPPING S.A.（ギリシャ）
MARAC ELECTRONICS, S.A.（ギリシャ）
INSTITUTE OF COMMUNICATION AND COMPUTER SYSTEMS（ギリシャ）
DATAMAT INGEGNERIA DEI SISTEMI S.P.A.（イタリア）
MARINE ELECTRONIC MARKET LIMITED（英国）
RIGEL ENGINEERING S.R.L.（イタリア）
NORSK MARINTEKNISK FORSKNINGSINSTITUTT AS（ノルウェー）

プロジェクト総額：2,748,091 ユーロ（EU 助成 1,406,837 ユーロを含む。）

FP5 枠内で実施された ITEA-DS プロジェクトの正式名は、「Intelligent tools for emergency applications & decision support：緊急時及び意思決定支援のためのインテリジェント・ツール」である。

近年、船舶構造の複雑化及び高速化、海上・水上交通量の増加、コスト効率向上を目指した厳しい運航体制、MARPOL 条約、ISM コード、危険物質等の新規制導入等の様々な要因により、乗組員への負担は増大している。ITEA-DS プロジェクトは、このような状況下で運航の安全性とコスト効率向上を可能にする、既存標準を基礎としたインテリジェント制御システム及びモニタリング・システムの開発を目的としている。

プロジェクトの主な作業は以下の 5 段階である。
①ユーザー要求と既存技術の評価。
②システム設計。
③プロトタイプの設置。
④シミュレーションによる実証実験。
⑤高速船及び実際のユーザーを用いた最終実験及びデモ。

プロジェクトでは、ヒューマン・マシン・インターフェイスを考慮した状況判断（非常時及び環境への影響のモニタリング等）、及び意思決定支援（予測及び仮定的メンテナンス等）で、センサー、アクチュエーターその他のインテリジェント制御・モニタリング装置からのデータを船内各地点でアクセス可能なシステムを構築する。

開発対象となるシステム及びツールには以下が含まれる。

- Ship Area Intelligent Data in Automation（SAIDA）
- 計器システム（センサー、アクチュエーター、その他インテリジェント制御・モニタリング装置用）
- ヒューマン・マシン・インタラクション用ワークステーション（G-HMI : a general purpose workstation for human-machine interactions）
- Distributed Intelligent Evaluation and Maintenance System (DIMES) : インテリジェント・センサーを完全統合したオートメーション制御システム。
- Interactive Emergency Management System (ISEMS) : SAIDA システムを用いた緊急事態の評価ツール。
- SHIDES-SA : 状況評価支援ツール。
- Adaptive ISM based Assistant (AISMA) : 乗組員の役割と状況に応じた意思決定支援ツール。

6.14 ADOPT（FP6、2005～2008 年）

プロジェクト参加企業・組織：
FLENSBURGER SCHIFFBAU-GESELLSCHAFT MBH CO. KG（ドイツ、コーディネーター）
DET NORSKE VERITAS AS（ノルウェー）
GKSS FORSCHUNGSZENTRUM GEESTHACHT GMBH（ドイツ）
TECHNISCHE UNIVERSITAT HAMBURG-HARBURG（ドイツ）
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS（ギリシャ）
HERBERT SOFTWARE SOLUTIONS - EUROPE LTD.（英国）
TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK（デンマーク）
UNIRESEARCH B.V.（オランダ）
FORCE TECHNOLOGY（デンマーク）
SAM ELECTRONICS GMBH（ドイツ）
OCEANWAVES GMBH（ドイツ）
DFDS A/S（デンマーク）

プロジェクト総額：2,985,971 ユーロ（EU 助成 1,899,999 ユーロを含む。）

FP6 枠内で 2006 年現在実施中の ADOPT プロジェクトの正式名は、「ADVANCED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SHIP DESIGN, OPERATION AND TRAINING」（船舶設計、操船等における高度意思決定支援システム）である。
同プロジェクトの目的は、上記 ITEA-DS プロジェクトと同様、技術進歩、社会的及び規制環境の変化、人員削減等の理由で各乗組員への負担が増大し、更に迅速な意思

決定が必要な現代の船舶において、従来の個人の経験や特定の情報のみに基づいた意思決定から、予測的判断を可能にするツールを開発することである。ADOPT プロジェクトでは、特に悪天候時の意思決定支援に焦点を当てる。
ADOPT プロジェクトは以下の方法を用い、情報とガイドラインを提供する。

- 様々な結果的シナリオの評価。
- 安全性と耐航性を重視し、情報の不確実性を分析。
- 船体設計、船級、運航状況等を研究し、船舶動揺の予測を行う。

ADOPT プロジェクトで開発されるシステムは、現在の状況のデータを用いて船舶の動きを予測し、操船を最適化する意思決定支援ツールである。プロジェクトでは、船社にとっては商業的利点となり、また乗組員とカーゴの安全性向上や環境汚染の防止を実現、乗組員のトレーニングにも役立つプロジェクト結果を期待している。

6.15 DSS-DC（FP6、2004～2006 年）

プロジェクト参加企業・組織：
NORSK MARINTEKNISK FORSKNINGSINSTITUTT（ノルウェー、プロジェクト・コーディネーター）
NORGES TEKNISK - NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET（ノルウェー）
BRITISH MARITIME TECHNOLOGY LTD（英国）
TECHNISCHE UNIVERSITAET BERLIN（ドイツ）
SIEMENS AG（ドイツ）
MARTEC S.P.A（イタリア）
NAVION AS（ノルウェー）
LODIC AS（ノルウェー）
KONGSBERG SIMRAD AS (現 KONGSBERG MARITIME)（ノルウェー）
CARNIVAL CORPORATION AND PLC（米国、英国））

プロジェクト総額：415 万ユーロ（EU 助成 235 万ユーロを含む。）

DSS-DC プロジェクトの正式名は、「Decision Support System for Ships in Degraded Condition」（非常時の意思決定支援システム）で、前記の２プロジェクトと同様にヒューマン・エレメントに焦点を当てた意思決定支援システムの構築を目指している。
同プロジェクトの主要目的は以下の通りである。

- 非常時の船舶運航に役立つ意思決定支援システム（DSS）の開発。システムには、予想される主な非常事態のシミュレーションとガイダンス、及び適切な意思決定

者に適切なレベルの情報を表示するための効果的な情報のフィルタリング等が含まれる。

- 荒天時における推進力の喪失、操船システムへのダメージ、衝突、船体破損、座礁等の主な非常事態の操船方法に関するシミュレーションとガイダンスの開発。
- 船舶から自動的に送信されるシステムの状況情報に基づいた効果的な陸上局からの遠隔モニタリング、意思決定支援、危機支援システムの開発。
- 常時更新される情報により船舶の重要システムの状況や故障を早期発見し、警告を発するセンサー及びモニタリング・システムの開発。故意の座礁に関し、予想される結果を示す分析ツールの開発。

6.16 SAFECRAFT（FP6、2004～2008 年）

プロジェクト参加企業・組織：
NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH (TNO)（オランダ、プロジェクト・コーディネーター）
BALANCE TECHNOLOGY CONSULTING GMBH（ドイツ）
UNIVERSITY OF STRATHCLYDE（英国）
BUREAU VERITAS S.A.（フランス）
BRITISH MARITIME TECHNOLOGY LTD（英国）
POLITECHNIKA GDANSKA（ポーランド）
SIREHNA - SOCIETE D'INGENIERIE, DE RECHERCHES ET D'ETUDES EN HYDRODYNAMIQUE NAVALE SA（フランス）
RINAVE - REGISTRO INTERNACIONAL NAVAL SA（ポルトガル）
MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS（オランダ）
LISNAVE - ESTALEIROS NAVAIS SA（ポルトガル）
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO（ポルトガル）
FLENSBURGER SCHIFFBAU-GESELLSCHAFT MBH & CO KG（ドイツ）
SHIP DESIGN AND RESEARCH CENTRE（ポーランド）
HOLLAND AMERICA LINE WESTOURS INC.（米国）
VIKING LIFE - SAVING EQUIPMENT A/S（デンマーク）
FR. FASSMER GMBH & CO KG（ドイツ）
USTICA LINES SPA（イタリア）
CARNIVAL CORPORATION AND PLC（米国、英国）

プロジェクト総額：5,080,000 ユーロ（EU 助成 2,850,000 ユーロを含む。）

FP6 枠内で 2006 年現在実施中の SAFECRAFTS プロジェクトの正式名は、「Safe abandoning of ships, Improvement of current Life Saving Appliances Systems」で、現行の避難・救命システムを改善し、緊急時の乗客と乗組員の救助率を向上させるこ

とを目的としている。

近年、旅客船の大型化が進んでいる。2004 年現在で世界には乗客 2,000 人以上、乗組員 1,000 人以上の客船が 40 隻以上運航している。5,000 人以上のクルーズ船もあり、船内火災や浸水等の事故が重大な結果を招く恐れがある。同プロジェクトは、十分な科学的、技術的分析がなされていない事故時の救命システムの実際の効果に関する研究を行う。

同プロジェクトでは、ヒューマン・エレメントを考慮した避難及び救命手順を総合的に分析し、改良や新手法、また新デザインの救難艇を開発し、設置場所を効率化することにより、救命効率やコスト効率を向上し、船内スペースの節約も達成する。プロジェクトでは、荒天時の状況下で、新救命手法のモデル実験及びプロトタイプによるフルスケール実験を行う。

新救命システムの設計と開発には、流体力学、機械工学、ヒューマン・エレメントと非常時の人間の行動の特性、量的リスク評価、緊急管理の原則を適用し、ハードウェア、手順、管理体制を含み、また IMO や EU の安全規制に沿った総合的なシステム設計を目指す。

プロジェクト結果は、乗客及び乗組員の安全性の向上につながるだけではなく、救命システムのメーカー、造船所、船社にとってもコスト削減効果が期待できる。

6.17 他の輸送機関のヒューマン・エレメント関連 EU プロジェクト

他の輸送機関や原子力発電等、ヒューマン・エラーによる事故被害が重大になるリスクの大きい産業では、海事産業よりも早い時期からヒューマン・エレメントの研究が行われている。特に航空産業における研究が進んでおり、プロジェクト事例も圧倒的に多い。海事産業のその研究成果を参照、比較する事例もある。

以下は過去 10 年内外に実施された他の輸送機関及びそれ以前の原子力発電産業におけるヒューマン・エレメント及び人間工学に関する EU プロジェクトの例である。

航空機関連のプロジェクトは FP4 が多く、自動車関連はさらに最近の FP5、FP6 が多いことがわかる。

(1)航空機関連

- SPECIFICATION FOR WORKING POSITIONS IN FUTURE AIR TRAFFIC CONTROL（SWIFT）FP2
- Future ATM New Systems and Technologies Integration in Cockpit（FANSTIC II）FP3
- Improving the cockpit application development process (IMCAD)　FP4
- Visual Interaction and Human Effectiveness in the Cockpit（VINTHEC）FP4
- Build and evaluate a new training path for air traffic controllers（BENT-PAC）、1995～1999 年
- Human Factors in Aircraft Dispatch and Maintenance Safety　FP4
- All weather arrival & departure（AWARD）FP4
- SMGCS AIRPORT MOVEMENT SIMULATOR（SAMS）FP4

- AIRPORT TOWER HARMONIZED CONTROLLER SYSTEM（ATHOS）FP4
- Safety training in the aircraft maintenance industry（STAMINA）、1995～1999年
- Design of human / machine interfaces and their validation in aeronautics　FP4
- Aircraft in the future air traffic management system (AFAS) FP5
- Improvement of Safety Activities on Aeronautical Complex systems (ISAAC) FP6

(2)鉄道関連

- Human Safe Rail in Europe Managing the Human Factor in Multicultural and Multilingual Rail Environments（HUSARE）FP4
- Ergonomics design of a safety system for railway engines used in the steel industry、1990～1994 年

(3)自動車関連

- SYSTEM FOR EFFECTIVE ASSESSMENT OF DRIVER STATE AND VEHICLE CONTROL IN EMERGENCY SITUATIONS（SAVE）FP4
- ADVANCED SPEECH TECHNOLOGIES FOR VOICE OPERATED DRIVER INFORMATION SYSTEMS（VODIS）FP4
- Enhanced human machine interface for on vehicle integrated driving support systems (EUCLIDE)　FP5
- COmmunication Multimedia UNit Inside CAR（COMUNICAR）FP5
- Enhanced Driver's pErception in poor visibiLity（EDEL）FP5
- Network of Excellence on Advanced Passive Safety (APSN)　FP6
- Secure Propulsion using Advanced Redundant Control（SPARC、自動車）FP6
- Advanced Protection Systems (APROSYS)　FP6

(4)輸送機関全般

- EFFICIENT URBAN TRANSPORT OPERATION SERVICES CO-OPERATION OF PORT CITIES IN EUROPE（EUROSCOPE）FP4

(5)原子力発電

- STUDY OF THE HUMAN FACTOR AS AN ASPECT OF RISK IN REACTOR SAFETY RESEARCH (HUMAN FACTORS RELIABILITY BENCHMARK EXERCISE)、1986～1987 年
- EVENT SEQUENCE RELIABILITY BENCHMARK EXERCISE (ES-RBE)、1986～1987 年

7. ヒューマン・エレメント研究に基づく舶用機器・システム及び戦略

現在の舶用機器・システムの多くは、程度や効果の差はあれ、ヒューマン・エレメント及び人間工学上の考慮がなされている。その中から、特にヒューマン・エレメントを考慮した救難艇のデザイン、及び前述の EU プロジェクトに関係の深い機器・システム（Ship Control Center、SeaSense)、戦略（IMO の e-Navigation）の例を挙げる。

7.1 救難艇のデザイン
―新クラスの救難艇の統合電子システムの開発とヒューマン・マシン・インターフェイス―

近年、スペースの限られた救難艇上には数々の新しい航海及び通信関連の電子機器が増える傾向にあり、オペレーターの視界を妨げる問題ともなっており、その機能統合、集約化、省スペース化が課題となっている。また、船舶の高速化とシステムの複雑化に伴い、効果的なクルー・トレーニングが必要となっている。

英国 Royal National Lifeboat Institution (RNLI)は、従来スタンドアローン機器の集合であった救難艇の制御及びモニタリンク・システムを統合し、ヒューマン・エレメントを考慮した新統合電子機器システム SIMS（Systems and Information Management System）を開発した[20]。同システムは、遠隔操作機能とレーダーからビルジまでの船内の様々なシステムのモニタリング機能を組み合わせたいわば救難艇用の統合ブリッジ・システム（IBS）で、クルーはブリッジの複数のフラット・スクリーンにより情報を共有できる。

RNLI は、新たな Tamar 級のスライド式救難艇向けの統合電子機器システム SIMS の開発に際し、以下の利点を挙げている。

- 状況認識の改善
- クルー間のタスクの分配。
- 遠隔制御とモニタリングによる安全性向上。
- 冗長性の確保。
- 共通ユーザー・インターフェイスによるトレーニングの簡易化。

2005 年にサービスを開始した Tamar 級救難艇の要目は以下の通り。

全長：16m
幅：5.25m

[20] DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED ELECTRONIC SYSTEM AND THE HUMAN MACHINE INTERFACE IN A NEW CLASS OF LIFEBOAT, J Nurser, Royal National Lifeboat Institution (RNLI), UK, N Chaplin, RNLI, UK

排水トン：31.5 トン
速度：25 ノット
乗組員：7 名
航続時間：25 ノットで 10 時間

新システム SIMS 設計における考慮事項は以下の通り。

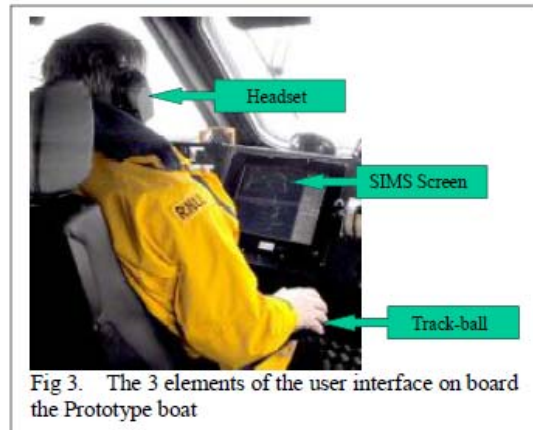
- システムの定義
- 環境への配慮
- 重量の管理
- 安全性
- ヒューマン・マシン・インターフェイス
- エンド・ユーザーの考慮
- サポートとトレーニング
- アップグレード戦略

SIMS に統合される機能、機器及びシステムは以下の通り。

- 舵
- 無線通信（VHF & HF/MF）
- VHF 方向探知機
- インターコム
- レーダー
- チャート・プロッター
- 主機モニター
- CCTV
- ドア、ハッチ・モニター
- 油圧システム
- ビルジ・システム
- 海水システム
- 消火システム、モニター
- 燃料システム、モニター
- 配電システム
- データ、ミッション・ログ

(1) SIMS ユーザー・インターフェイス

SIMS のユーザー・インターフェイスは、①スクリーン、②トラックボール・ポッド、③ヘッドセットからなる。

Fig 3. The 3 elements of the user interface on board the Prototype boat

出所：Royal National Lifeboat Institution (RNLI), UK

図：SIMS ユーザー・インターフェイス

ユーザー・インターフェイスの特徴は、キーボードがなく、コマンドはトラックボール・ポッドとスクリーンのインタラクションによって行われることである。キーボードを使用しない理由としては、以下が挙げられる。

- 荒天時のキーボード操作は困難。
- キーボードは、入力ミスまたは不正使用による重要データやファイルの削除や改ざんの恐れがある。
- ソフトウェアに問題が起こりやすい。
- キーボードの設置・保管スペースを省くため。

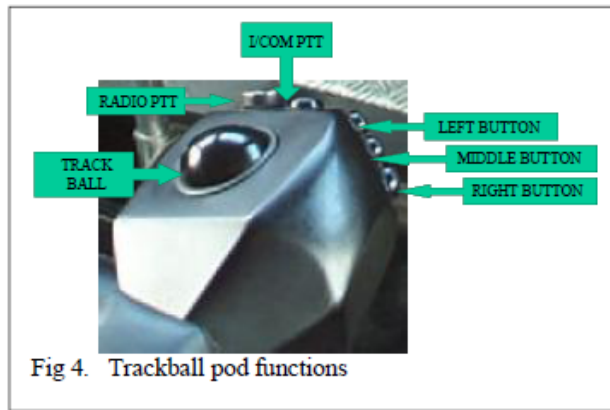
①スクリーン

船橋の 5 基のワークステーションには、表面に凹凸のある耐水性のフラット・スクリーンが採用され、日中の航海でも見やすいように、スクリーンの後ろからライトで照明されている。スクリーンは、タッチ・スクリーンではない。その理由は以下の通り。

- 荒天時のタッチの正確性の問題。
- ユーザーが強い衝撃によりスクリーンまたは自らにダメージを与える懸念。
- 環境（温度、湿度、ほこり）によるタッチ・スクリーンへの影響。

②トラックボール・ポッド

各ワークステーションには、チェアの右腕に人間工学を考慮した耐水性のトラックボール・ポッドが設置されている。このトラックボールは SIMS プロジェクトのために特別に設計され、荒天時でも操作のしやすい 2 インチのトラックボールと数個のボタンから構成されている。トラックボールの動きは、カーソルの素早い動きによる誤操作を防ぐために速度が制限されている。

Fig 4.　Trackball pod functions

出所：Royal National Lifeboat Institution (RNLI), UK

図：SIMS トラックボール･ポッドの機能

各ボタンの機能

- Radio PTT ボタン： VHF 及び MF 無線での音声会話。無線担当のクルー専用。Intercom PTT ボタン：全ワークステーションで常にライブ状態で、どのクルーもヘッドセットのインターコムで会話ができる。
- Left/Middle/Right ボタン：PC のマウス操作と同様に、左ボタンは決定、中央ボタンはフルスクリーンのチャートとまたはレーダーと、通常の SIMS ビューの切換え、右ボタンはある機能の最初の選択、またはチャート・パッケージの中身にアクセスする。

③ヘッドセット

各ワークステーションには、イヤホンとブーム・マイクの着いた耐水性のヘッドセットが装備されている。

(2)ヒューマン・マシン・インターフェイス（HMI）

RNLI は、SIMS 開発開始当初から、シンプルで効果的な共通 HMI の開発が SIMS の成功に不可欠であるとの認識を持ち、プロジェクトを進めた。

現行の救難艇で使用されている HMI は船舶によって大きく異なり、利便性、トレーニングへの問題だけではなく、ユーザーによる誤解は解釈の問題を引起すリスクがある。数々のシステムを検討の結果、RNLI は独自の HMI システム開発を行うことが最良のソリューションであるとの結論に達した。その理由は以下の通りである。

- 開発する HMI は RNLI 船舶のみに使用するものである。
- RNLI の所有船舶数は比較的多いため、独自の標準化の価値がある。
- RNLI のクルーは数々のシステムに関する豊富な知識を有している。
- 開発した SIMS 及び HMI の知的所有権は RNLI が保有する。

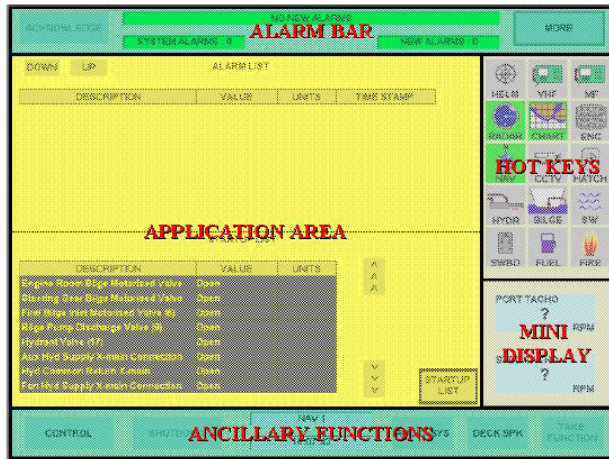
また、新システムのエンド・ユーザーにとっての重要点は以下の通りである。

- 操作の簡易性
- 情報の明確な表示
- 耐久性と信頼性
- 故障時の冗長性確保

ヒューマン・マシン・インターフェイス（HMI）の構成要素：
①コントロール・シェル
SIMS システムのベースとなる「コントロール・シェル」プログラムは、各クルーがそれぞれ環境制御に使用する総合制御プログラムで、ワークステーションを立ち上げると自動的にプログラムが起動する。ある機能またはアプリケーションが要求されると、コントロール・シェル経由で供給される。プログラムは、レーダーや電子海図等がフルスクリーンで表示されている場合にも作動しており、アラーム等の重要機能はリレーされる。

②プログラム評価
同プログラムの HMI は、英国人間科学研究所で産業界のベスト・プラクティスを用いて評価され、改良が加えられた。

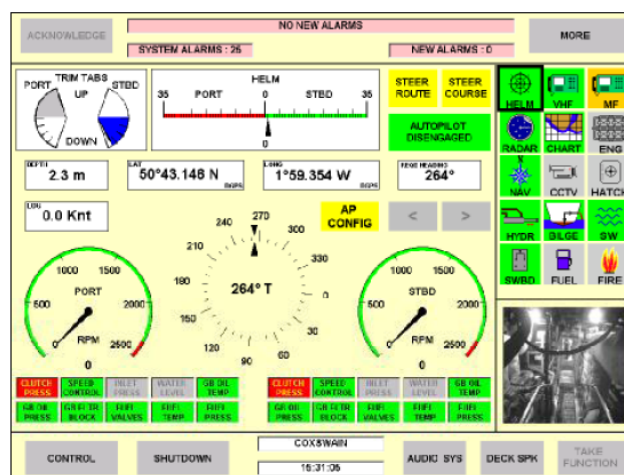
③スクリーン・レイアウト
HMI 研究の結果、SIMS には、以下のような共通スクリーン・レイアウトを採用した。

- アラーム・バー（トップ・スクリーン）：レーダー、チャート以外の機能の使用時には、常に最新の警告が表示される。
- ホット・キー（メニュー・ボタン・アプリケーション・バー）：ほぼ全システムにアクセスできる 15 個のホット・キー。
- アプリケーション・エリア：ホット・キーによって選ばれたシステムが表示されるエリア。
- ミニ・ディスプレイ：ホット・キーに加え、各自選択できる切換え可能な 4 つのオプションが表示される小エリア。
- 補助機能：各種補助機能及び情報へのアクセス。

出所：Royal National Lifeboat Institution (RNLI), UK

図：SIMS スクリーン

④フォントとカラー

RNLI のクルー採用には色覚に異常がないことが条件となっているため、SIMS の HMI には黄色（ライブ・コントロール）、青色（シグナルの故障）、赤色（アラーム）という原色が使用されている。カラーとシンボルの組合せにより、各機能はわかりやすく、見やすくなっている。全ディスプレイ・パネルは目に優しく、HMI で利用されているカラーとのコントラストのある薄黄色が選ばれた。

テキストは、12 ポイントの **Arial** フォントの太字で表示される。ほとんどの表示は大文字であるが、アラームの説明等の長いメッセージは、読みやすさを考えて小文字も使用される。

出所：Royal National Lifeboat Institution (RNLI), UK

図：SIMS スクリーン表示例（操舵機能）

(3)クルー用椅子

RNLI はヒューマン・エレメント、人間工学研究の一環として、SIMS 開発プロジェクトと並行し、英国 Frazer-Nash Consultancy Limited と共同で人間工学を考慮した全天候型救難艇のクルー用椅子の開発を行った。[21]

新デザインの椅子は前述の新型救難艇のワークステーションの機能と効率を補足するもので、海象条件の悪い海域を高速航行する救難艇のクルーを荒波の衝撃から守り、クルーの安全性と快適性、及び椅子としての機能性を確保することを主要目的としている。

特に荒波の衝撃からクルーを守ることを目的とし、既存救難艇の実際のモーション・データを収集、及びコンピューター・シミュレーションによるデータを分析、事故防止方法を検討した。また、事故によるクルーの負傷のメカニズムを分析し、ショック緩和と快適性向上のためにサスペンションを最適化した改良モデルのプロトタイプを製作した。

7.2 Ship Control Centre（SCC）

ドイツの大手航海機器メーカーSAM Electronics（旧 STN Atlas）社は、船舶システムの企画、設計、製造、統合を行う総合メーカーである。同社は、主力製品である統合航海システム（INS）NACOS シリーズに加え、航海、通信、保全、操船等の船舶マネジメントの全機能を統合した統合ブリッジ・システム（IBS）「Ship Control Center」(SCC)をターンキー方式[22]で提供している。

同社は、EU フレームワーク・プロジェクトに積極的に参加しており、「Ship Control Center」は、前述の ATOMOS プロジェクトで研究開発され、プロジェクト成果の中心となったヒューマン・エレメントを考慮した統合ブリッジ・システムである。

図：ドイツ TT-Line フェリー「Nils Holgerson」の Ship Control Center

[21] DEVELOPMENT OF A NEW CREW SEAT FOR ALL WEATHER LIFEBOATS, RNLI, UK

[22] 請負事業者が設計、製作、装備、試運転まで全てを一括して行い、発注者が直ちに使用することができる状態で製品を引き渡す方式

特徴：
●データ・ネットワーク、サブシステム、センサー、オペレーティング・システム、コンピューターを統合した安全性の高いシステム。
●ユーザー・フレンドリーなディスプレイとコントロール装置。ワンマン操作も可能。
●見やすいテキスト表示付きアラーム集中管理システム。
●統一デザインかつ多仕様のブリッジ・コンソール。
●フレキシブルなモジュール設計により、いかなる船舶にも設置可能。
●GL、DNV 船級協会の性能標準に準拠。

主要性能：
●航海情報とアラームの集中管理。
●故障した場合の冗長性確保。
●データ、パラメーターの統一性と共通性確保。
●複数のワークステーションから全データへのアクセス可能。
●航海データ、電子海図の自動安全チェック。
●レーダー、チャート、操船データのビジュアル統合。

構成機器：
①航海システム（NACOS）
●レーダー
●CHARTPILOT
●TRACKPILOT
●SPEEDPILOT
●MULTIPILOT
●DOLOG、DEBEG EM-Log
●エコーサウンダー
●その他：コンパス・システム、ステアリング・コントロール、ポジション・レシーバー等。

②通信システム
●DEBEG GMDSS
●DEBEG 衛星通信システム
●DEBEG 電話通信システム
●DEBEG 火災、ガス警報器、冷蔵コンテナ・モニター、ビデオ・サーベイランス・システム等。

③オートメーション・システム
●モニタリング、コントロール：GEAMAR ISL
●船舶管理：GEAMAR ISM
●主機遠隔操作：GEAMOT

●電源管理：GEAPAS

SAM Electoronics は、SCC 設置の顧客メリットとして以下を挙げている。

船主：
●全機能を統合することにより、航海と操船の安全性、操作性が向上。
●アフターサービスのコストと品質保証。
●最新技術。
●各船級協会の性能標準に準拠。

造船所：
●一括購入による競争力のある価格設定。
●建造中のテクニカル・サポート。
●パッケージとしての完全性。
●設置、サービスが容易で、コストも低い。

尚、SAM Electronics は、これまで多くの EU フレームワーク・プログラム枠内のプロジェクトに参加し、欧州舶用技術研究開発の牽引役となるとともに、技術標準設定等の面で自らもその恩恵を利用してきた。現在も、以下のような FP プロジェクトに参加している。[23]

- ADOPT (http://adopt.rtdproject.net)：荒天時の意思決定支援システム
- EPDIS (http://www.epdis.de/)：3-D 電子パイロット・ハンドブック
- EC-DOCK (http://www.bmtproject.net/ecdock/)：自動着岸・係船モニター
- SAFETOW (http://www.bmtproject.net/safetow/)：救助曳船の曳航支援と復原性計算
- SAFEDOR (http://www.safedor.org/)：安全なエネルギー・システムと航海技術

SAM Electronics は、実際のビジネスにおいても、造船業界のパートナーとして、初期設計段階からプロジェクトに参加することにより、完全に機能統合されたシステムを実現すると同時に、コスト削減を目指している。

ATOMOS プロジェクトの目的と同様に、同社のサブシステムは全てモジュラー・デザインで、共通のインターフェイスを持つ。そのため、効率的で安全かつコスト効果の高い舶用統合システムを提供することができる。この最たる例が、SCC である。

[23] http://www.sam-electronics.de/dateien/company/ourcomp.html

7.3 SeaSense

EU フレームワーク・プログラム枠内のプロジェクトからも、現在のヒューマン・エレメント関連研究の主な課題は、特にヒューマン・エレメントによる事故が起こりやすい非常時の意思決定支援システムであることがわかる。

SeaSense は、荒天時の耐航性を高めることを目的に、デンマークの海事技術研究所 FORCE Technology、デンマーク工科大学、Lyngsø Marine（ドイツ SAM Electronics の子会社）が共同開発した航海士の意思決定を助けるシステムである。

SeaSense システムは、船首、船尾、及び船体中央部数箇所に設置された光ファイバー・センサー、極超短波距離測定センサー、中性子センサーを用い、船体負荷、船体の傾斜、海面からの距離、甲板上の青波の状況等を測定する。さらに、船速、船首方向、風速・風向等のブリッジの航海機器センサーからの情報とのインターフェイスを行う。

これらの情報は、応答振幅オペレーター（RAO：Response Amplitude Operators）に基づいた数学モデルに融合され、波の動きを予測する。また同モデルは、異なる船速と船首方向の組合せによる結果を予測し、その結果は、ブリッジ上のモニターに見やすいグラフィックで表示される。これらの情報を参考に、航海士は最適な針路と速度を選ぶことができる。

このように、SeaSense は航海システムに統合されたオートパイロットではなく、あくまでも意思決定支援システムである。同システムでの結果や有益な経験は、他の航海士や姉妹船と共有することが可能である。

SeaSense は、新造船への設置及び既存船へのレトロフィットの両方に適している。SeaSense は、既にデンマーク海軍及び A.P.Møller 所有のコンテナ船上で実船実験が行われ、成功を収めた。

SeaSense の利点は以下の通りである。

- 貨物の喪失、船体へのダメージ等のリスク軽減。
- 船体への負荷、船体の加速度と動揺のオンライン・モニタリング。
- 理論的、客観的な負荷及び動揺の分析。
- 海象状況の予測。
- 針路または速度、またはその両方を変更した場合に起こりえる結果の瞬時予測。
- 航海士から航海士への経験伝授の容易化。

意思決定支援システムに関しては、前述の FP6 内で実施中の ADOPT プロジェクト（ADVANCED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SHIP DESIGN, OPERATION AND TRAINING：船舶設計、操船等における高度意思決定支援システム）でも、SeaSense システム開発メンバーが参加し、研究が続けられている。

7.4 e-Navigation 戦略

ATOMOS プロジェクトの成果を踏まえたもうひとつのプロジェクトは、2005 年に英国が提唱し、日本を始めとする数カ国（日本、マーシャル諸島、オランダ、ノルウェー、シンガポール、英国、米国）が IMO に共同提案した電子航海システムの普及を目指した総合戦略「e-Navigation」である。

この提案により、IMO は、クリーンな海における安全で効率的な船舶運航を目指し、その実現に寄与する新技術の普及に関する戦略的ビジョンを策定する。主要目的は、電子機器・システムを中心とした新技術及び既存技術を活用し、全船舶向けに、正確でセキュリティとコスト効果の高いグローバルなシステムを構築することである。IMO は、この戦略により、海難事故やエラーが減少するとしている。

e-Navigation の主要構成機器・システムは以下の通りである。

- AIS（Automatic Identification System）
- ECDIS（Electronic Chart Display and Information Systems）
- IBS/INS（Integrated Bridge Systems/Integrated Navigation Systems）
- ARPA（Automatic Radar Plotting Aids）
- 無線航法
- LRIT（Long Range Identification and Tracking）システム
- VTS（Vessel Traffic Services）
- GMDSS（Global Maritime Distress and Safety System）

また、機器・システムに対する基本的要求事項は以下の通りである。

- 全エリアをカバーする正確で包括的な常に最新の電子海図（ENC）。
- 正確で信頼性が高く、冗長性のある電子測位システム。
- 電子フォーマットの船舶のルート、コース、その他ステータスに関する情報。
- 船対陸、陸対船、船対船の船位及び航海関連情報の送信。
- 船及び陸における上記の情報の正確、明確、ユーザー・フレンドリーな統合された表示。
- 船及び陸における情報の優先化とリスク情報（衝突、座礁等）の警告。
- 緊急警告と航海安全情報の信頼性の高い情報伝達。
- 標準化され、コンパティビリティーのある機器・システム。

今後の課題

- ENC の製造、インターフェイス、地域的カバレッジを向上させ、ENC 製作と更新に関する国際基準を策定する。
- e-Navigation に関連するブリッジ機器・システムのコントロールと性能基準を策定する。また、必要な情報、表示、他船及び陸上局と共有すべき情報等を決定する。
- 関係者への伝達情報を増やすとともに、情報への不正アクセスを防ぐ。

- 陸上支援の重要性への認識を高め、国際海域を中心とした陸上の e-Navigation サポート・センターを整備する。
- 既存の航海ツール、現在の状況、及び地域的相違を考慮した安全で実際的な e-Navigation への移行プランを策定する。
- e-Navigation 実施により発生する民間及び公的部門へのコストを分析し、コスト削減策を検討する。

2006 年末現在、以下の事項に関する検討が進められている。

- e-Navigation の定義及び範囲、主要事項及び優先順位の特定。
- 便益と障害の特定。
- 将来作業における IMO、関係国及びその他の関係者の役割の特定。
- 作業計画の策定。

e-Navigation は、前述の ATOMOS IV（Advanced Technology to Optimize Maritime Operational Safety - Intelligent Vessel）プロジェクトの他、同じく EU フレームワーク・プログラム内のプロジェクトである MarNIS (Maritime Navigation and Information Services、FP6)プロジェクト[24]、また世界銀行が助成するマラッカ海峡電子ハイウェイ・プロジェクトの研究成果を利用している。

[24] http://www.marnis.org/

8. 他産業におけるヒューマン･エレメント概念を導入した事故防止方策の実例

8.1 航空分野におけるインシデント情報の報告、活用体制

日本の（財）海難審判協会によるヒューマン・エレメント研究[25]では、海事産業への参考となる他産業におけるヒューマン・エレメント概念の活用事例として、米国航空業界のインシデント報告システム、ボーイング 747 で採用されている一針高度計、及びチャレンジャー事故の教訓を挙げている。

8.1.1 米国における ASRS（航空安全報告制度：Aviation Safety Reporting System）

航空界の先進国である米国は、世界に先駆けて航空分野の安全に取り組んでいたが、1940 年代から減少を続けてきた航空機事故の発生率は、1970 年代半ば頃から横ばい傾向になり、一向に減少する兆しを見せなくなった。1975 年、「安全情報を水平展開できるような制度を国が責任を持って作るべきである」という NTSB（米国国家交通安全委員会）の米国航空局に対する勧告を受けて、ただちにインシデント報告制度を発足させた。

しかし、航空に関する監督権、処罰権をもっている機関が自ら運用に携わったため、同制度は失敗。翌 1976 年、第三者研究機関である NASA（米国国家航空宇宙局）のエイムス研究センターにインシデント報告制度の運用を移管することで、ASRS（航空安全報告制度）が成功し、その後急速に世界各国に普及していった。

安全報告制度の具備すべき条件としては以下が必要である。

- 免責性（報告者が処罰されないこと）
- 秘匿性（匿名性を堅持すること）
- 公平性（第三者機関が運用すること）
- 簡易性（手軽に報告できること）
- 貢献性（安全推進に貢献していること）
- フィードバック（確実に役立っていることを本人に伝えること）（自己顕示欲、表現欲を充足させること）

こうして発足した ASRS には、その後エアライン・パイロット 6 万 5 千人から年間 3 万件を超える報告が寄せられるまでになった。これらの報告は NASA の専門家によって分析され、膨大なデータがコンピューター処理されて航空の現場に「CALLBACK」というニューズレターの形式でフィードバックされている。また、毎月 15 万部印刷されるニューズレター情報は、予防安全だけではなく航空従事者の教育・訓練や航空機の設計や整備などにも活かされている。

---

[25] ヒューマンファクター概念に基づく海難･危険情報の調査活用等に関する調査研究　中間報告書、海難審判協会、日本財団図書、2002
http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/2002/00508/contents/007.htm

ASRS 発足後、2、3 年間はインシデント情報の報告が少なかった。その理由としては、5 日以内の報告についてのみを免責としていたこと（途中で 10 日以内となった）、分析担当者が少なかったこと、フィードバックが必ずしも十分でなかったこと等が考えられる。

その後事態は改善し、現在の米国には、エアライン・パイロットが約 6 万 5 千人、自家用パイロットが約 60 万 5 千人いるが、エアライン・パイロットの 3 人に 1 人の割合で報告し、年間報告数の 7 割を占めるようになっている。一方、自家用パイロットからの報告は少ないが、最近では、整備士、客室乗務員、管制官からの報告が見られる。

NASA の受付には法律家（弁護士）が立ち会い、報告書が犯罪に関連した情報であれば法務省、事故に関連した情報であれば FAA（米国連邦航空局）及び NTSB に送付し、残りのインシデント情報について NASA が取り扱うという、スクリーニングを行っている。ASRS の人員は 10 人で、年間予算は 1.7 億円である。

なお、海事産業においても、近年、事故の予兆（インシデント）から得られた教訓を積み上げて事故を予防し、また、事故の発生に際してもこれらインシデント情報を活用して事故の分析を深度化する調査手法が広がりを見せている。

IMO では、インシデントの調査、分析手法、体制の確立が重要との認識に立ち、「海難及び海上インシデントの調査のためのコード」及び「海難及び海上インシデントにおけるヒューマン・ファクターの調査のための指針」（IMO 決議 A.884）においては、海上インシデントについても海難と同種の取扱いをするように規定している。

8.1.2 ボーイング 747 で採用されている一針高度計

約 60 年前に米国空軍で心理学者が提案したアナログ計とデジタル計を併用した高度計が今もなお使用されているが、目の機能の特性をうまく使ってデザインした良例である。

これは、700 人にも及ぶパイロットに対するインタビューから、高度に対する認識と知覚の間にギャップがあることが突き止められ、それまでの針 3 つの高度計を現在のようなデジタルとの併用に改められたものである。

この場合の学ぶべき点は、以下の通りとされた。

米空軍一針高度計研究の今日的意義
(1)事故の再発防止を重視
－ミスをしたパイロットを責めない－
(2)学際的視点の先見性
－心理学と航空機事故とのギャップ－
(3)知覚と認識のギャップに焦点
－タスク分析、H.I デザインの先駆－
(4)人間工学方法論の先駆
①直接観察、②科学的測定、③現場意見重視

8.1.3 NASAにおけるチャレンジャー事故の教訓

チャレンジャー号爆発事故とは、1986年1月28日、NASA（米国国家航空宇宙局）のスペースシャトル、チャレンジャー号が、発射73秒後に突如爆発し、乗員7名が全員死亡したスペースシャトル史上初の事故である。

この事故の教訓として「作業者が特有のスキル、生き甲斐を感じている仕事は自動化しない。」ということが重要であることが分かった。

なお、NASA は「自動化の原則」（NASA.1988）で、自動化の是非について次のように述べている。

してはならないこと（Should not）:

① 作業者が特有のスキル、生甲斐を感じている仕事の自動化
② 非常に複雑であるとか、理解困難な仕事の自動化
③ 作業現場での覚醒水準が低下するような自動化
④ 自動化が不具合のとき、作業者が解決不可能な自動化

すべきこと（Should）:

① 作業者の作業環境が豊かになる自動化
② 作業現場の覚醒度が上昇する自動化
③ 作業者のスキルを補足し、完全なものにする自動化
④ 自動化の選択、デザインの出発時点からの現場作業者を含めた検討

航空機における事故が減らない理由は、各種航空機事故の実態からヒューマン・エラーをどう克服するかの問題が依然として残されていることが分かる。

8.2 原子力発電所近代化の事例[26]

米国エネルギー省（Department of Energy：DOE）と米国電力研究所（Electric Power Research Institute : EPRI）は、原子力発電の安全性向上を目指し、初期設計段階でヒューマン・エレメントを考慮した設備の近代化を行っている。2001年には、共同で設計、オペレーション、トレーニング、資格認定を含めた総合的なガイドラインの開発、整備に着手した。

現在、米国の原子力発電所が直面している最大の問題点は、設備の旧弊化である。今でも旧式のアナログ制御装置を使用している原子力発電所が多いため、メンテナンスのコストは年々増加し、またアナログ製品を製造するメーカーが減少しているため、部品の入手も困難になりつつある。

---

[26] Human Element Drives Design, Nuclear power plants modernize for safety by Joseph Naser
http://www.isa.org/Content/ContentGroups/InTech2/Features/20061/July31/Human_Element_Drives_Design.htm

現時点の主要課題は以下の 3 点である。

- アナログ技術からデジタル技術への移行。
- 新システムまたはアップグレードされたシステムの操作におけるヒューマン・エレメントの考慮。
- 上記システムの設計初期段階での人間工学の導入、ヒューマン・エレメントの考慮。

これまでヒューマン・エレメントに関するガイドラインは多く発表されてきたが、原子力発電の安全性、有効性、信頼性、生産性全てを網羅した総合的なガイドラインは存在なかった。

DOE と EPRI が共同開発したガイドラインの特徴は、①コントロール・ルームのアップグレードや改造を中心とした既存のガイドラインと異なり、新たなコントロール・ルームの計画に言及したこと、②方法論だけではなく具体的な方法を提示したこと、③幅広い分野における総合的なヒューマン・システム・インターフェイス（HSI）を考慮したこと、④規制や認可基準を満たすためのガイドラインを提供したこと一等である。また、ガイドラインは、全ての関係者、即ちオペレーター、メンテナンス提供者、コントロール・ルーム近代化プロジェクトのマネージャー、デザイナー、システム・サプライヤー、工事担当者が参考にし、活用できる内容とした。

同ガイドラインは、35 項目からなり、以下の 5 分野をカバーしている。

①コントロール・ルームの近代化計画。
②ヒューマン・ファクター工学（HFE）設計、分析、ツール。
③HFE ガイドラインの詳細。
④規制、認可。
⑤オペレーションとメンテナンス。

例えば、①コントロール・ルームの近代化計画では、総合的な利点、不利点を考慮し、最終的なコントロール・ルームとオペレーターの機能と関係を感覚的、視覚的に計画できるように、以下の項目に関するガイドラインを策定している。

- 計画の必要性
- 計画作成の目的
- 最低限必要事項
- コントロール・ルーム近代化と HSI のレベル
- 上記のインタラクション
- オペレーション概念
- オペレーター参加の重要性
- スケジュール
- 計画書類

- 人間工学
- 認可

また、大規模な近代化はいくつかの段階に分けて実施されることを見越し、移行期間のシステムとオペレーターの関係に関する以下のガイドラインを提供している。

- 各移行段階の計画と評価
- 移行期間中の HSI の安全性確保
- HSI 変更の概念設計
- コスト評価とプロジェクトのリスク軽減
- 認可

HFE 設計、分析、ツールに関するガイドラインは、HFE の有効性、どの設計過程、変更過程に HFE を活用するか等の指針を与えている。

- 設計段階での HFE 導入
- オペレーションの見直し
- 機能分析と配分
- タスク分析
- 配員、資格、作業デザイン
- ヒューマン・エラー分析
- HSI と手順のデザイン
- HFE 検証と確認
- 変更のモニタリング
- ユーザーからの情報収集方法とツール

HFE の詳細に関するガイドラインでは、以下の項目への HSI 適用方法と設計原則、追加情報とチェックリスト等を提供している。

- コンピューター・ベースの装置の設計
- ディスプレイ
- ユーザー・インターフェイス
- アラーム・システム
- 支援システム

近代化プログラムに不可欠な規制と認可に関する考慮を初期段階から計画的に行うことは、時間とコストの削減につながる。同ガイドラインでは、規制と認可に関連する HSI の考慮に関する以下の指針を与えている。

- 規制要求と予測
- 認可に関する工学的評価
- 廃棄物処理の安全性評価
- 認可申請手順
- HFE 関連の規制要求とガイドラインへの対応

最後に、オペレーションとメンテナンスに関するガイドラインは以下の項目を含んでいる。

- デジタル・システムのメンテナンスに関する HFE
- コンフィギュレーション管理に関する HFE
- トレーニング
- 近代化されたシステムの安全性モニタリングと制御
- 近代化されたワークステーションに関する HSI の考慮
- メイン・コントロール・ルーム以外のモニタリング、制御装置の HFE デザイン

9. 今後の課題と動向

海事分野でも過去 10 年間にヒューマン・エレメントに関する研究が進展し、その重要性への認識は深まっている。また、前述の通り研究成果の実用化も徐々に進んでいる。

ヒューマン・エレメント関連の今後の課題としては、引き続き海難事故の防止が中心となろう。それと並行して、海事産業の目標である安全性向上とコスト削減を目指した機能集約化及びそれに伴うヒューマン・マシン・インターフェイスの向上、自動化及び機能集約化された船舶における意思決定支援システムの開発が重要課題となっている。

(1)海難事故の防止

ヒューマン・エレメントに関する研究の究極的な目的は、海難事故の防止である。ヒューマン・エラーによる事故の原因となる要素には以下が挙げられ[27]、その研究は舶用機器・システムのデザインが人間の行動に及ぼす影響だけではなく、人員、組織、環境、手順等の数多くの分野が含まれる。

- 機器システム及び職場のデザイン
- 機器システムの質、状態、妥当性、有効性、メンテナンス
- 職場環境
- 作業手順
- トレーニング
- コミュニケーション
- 目標設定の妥当性
- 組織構成の妥当性（配員、資格、能力、マネジメント）
- 安全性（有事の安全性確保）

このため、事故防止を目指したヒューマン・エレメント研究には、ステークホルダー全ての参加が必要であることがわかる。ステークホルダーとは、船舶設計者、造船所、船主・船社、船員、舶用機器メーカー、規制当局等である。

(2)人員を含めた機能集約化

近代的な船舶における統合自動化装置は、マンパワーの削減と全体的なシステムのパフォーマンス向上を実現する。人員数が少なくなることにより、乗員ひとりひとりの責任は大きくなる。しかし、最新技術の可能性と人間の能力の組合せを最大限に活かしたシステムの構築は容易ではない。なぜならば、新造船の初期デザイン過程では、多くの決定は過去の経験と仮定に基づいているが、ほとんどの場合、新技術には過去の経験が利用できないからである。

[27] P&I Club（船主責任相互保険組合）

ヒューマン・エレメントを考慮した自動化装置は、「オートメーションができない作業をオペレーターが行う」のではなく、「オペレーターが行う必要のない作業をオートメーションが行う」という原則の適用が重要である。[28]

複雑なシステム＝船舶を個々の技術及び作業プロセスに分解し、各技術及び作業プロセスにおけるオペレーターの役割、他のオペレーター及び技術／作業プロセスとの相関関係を分析することにより、コントロール・システムの役割、及び必要なオペレーター数、資格、トレーニング等を決定することができる。このデータは、船舶の初期設計段階での乗員数や自動化システムと乗員とのインターフェイスを想定し、システムのデザインを改良することに役立つ。同時に、初期設計段階における不確定要素も減少する。

これに関連して、電子機器システムの普及を目指した IMO の e-Navigation 戦略の動向が注目される。同戦略の実現には、新電子機器・システムへの投資、陸上インフラ整備以外にも、全ブリッジ・スタッフへの適切なトレーニングを要する。ここでも技術主導ではなく、ヒューマン・エレメントの考慮が優先されるべきであろう。

(3)意思決定支援システムの開発

近代的な船舶はコンピューター・システムの助けなしでは機能しない。多くのプロセスは完全に自動化され、人間には不可能なスピードでデータを分析し、対応している。

海難事故の原因の大部分はヒューマン・エラーであるとされ、極論すれば、事故をなくすためにはその原因＝人間を排除することが最も効果的であるともいえる。しかし、自動化システムが完全に人間のオペレーターに取って代わることは不可能である。

前述の EU プロジェクトを見ると、現在のヒューマン・エレメント研究の焦点のひとつは、特にヒューマン・エラーが発生しやすい緊急時にオペレーターの意思決定を支援するシステムの構築であることがわかる。

人間のオペレーターには、その経験、知識、スキル、直感、決意により、予想されなかった事態において不完全な情報を分析し、正しい決定を行う能力がある。また、人間には事前に起こりえる事態を予測し、その結果を分析するというユニークな能力がある。ヒューマン・エレメントの研究は、そのユニークな能力を機械によって補い、支援し、最大限に活かすための手法の研究でもあると考えられる。

---

[28] Complex systems analysis – Designing for the operator, Christian Bastisch, Naval Office, Germany

参考文献・資料

Maritime Supplier Online

MSC/Circ.1091, ISSUES TO BE CONSIDERED WHEN INTRODUCING NEW TECHNOLOGY ON BOARD SHIP, IMO, 6 June 2003
http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D7578/1091.pdf

Maritime Directory - Human Factors, The Royal Institution of Naval Architects
http://www.rina.org.uk/showarticle.pl?id=6694

The Human Element, UK P&I Club
http://www.ukpandi.com/ukpandi/infopool.nsf/HTML/LP_Init_HElement?OpenDocument

2nd Maritime Technology Conference 資料, IMarEST, 2006

Assessing the Social and Environmental Impacts of European Research, European Commission, 2005
http://ec.europa.eu/research/environment/pdf/ricci_report_en.pdf

THEMES – Thematic Network for Safety Assessment of Waterborne Transport, Deliverable No. D4.1, D'Appolonia S.p.A, June 2001
http://projects.dnv.com/themes/Deliverables/D4.1Final.pdf

ATOMOS IV ホームページ
http://www.control.auc.dk/atomos/index.html

EUREKA ホームページ
http://www.eureka.be/about.do

IFSMA Policy Document 2005, THE INTERNATIONAL FEDERATION OF SHIPMASTERS' ASSOCIATIONS (IFSMA), 2005
http://www.ifsma.org/pages/IFSMApolicy2005.pdf

The ATOMOS Project, Erik Styhr Petersen, Advanced Systems Manager , Lyngsø Marine A/ S, Digital Ship Conference, Oslo, Norway, June 2005
http://www.thedigitalship.com/powerpoints/norship05/ds3/Erik%20Styhr%20Petersen_ATOMOS%20SM.pdf

THEMATIC SYNTHESIS OF TRANSPORT RESEARCH RESULTS, PAPER 8 OF 10, HUMAN FACTORS, The EXTRA project, within the European Community's FP4 Transport RTD Programme, 2001
http://ec.europa.eu/transport/extra/web/downloadfunction.cfm?docname=200408%2F20040809_154650_30174_human_factors.pdf&apptype=a

ABS GUIDE FOR VESSEL MANEUVERABILITY . 2006

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED ELECTRONIC SYSTEM AND THE HUMAN MACHINE INTERFACE IN A NEW CLASS OF LIFEBOAT, J Nurser, Royal National Lifeboat Institution (RNLI), UK, N Chaplin, RNLI, UK
http://www.he-alert.com/documents/published/HE00500.pdf

DEVELOPMENT OF A NEW CREW SEAT FOR ALL WEATHER LIFEBOATS
R Cripps, RNLI, C Cain, RNLI, H Phillips, RNLI, S Rees, Frazer-Nash Consultancy Limited, UK, D Richards, Frazer-Nash Consultancy Limited, UK
http://www.he-alert.com/documents/published/HE00495.pdf

略語一覧

ABS	American Bureau of Shipping	米国船級協会
AIS	Automatic Identification System	船舶自動識別装置
ANTS	Automatic Navigation and Track-keeping System	自動航法及び航路維持システム
ARPA	Automated Radar Plotting Aid	自動衝突予防援助装置
ASRS	Aviation Safety Reporting System	航空安全報告制度
ATA	Automatic Tracking Aid	オートプロッター
ATOMOS	Advanced Technology to Optimize Maritime Operational Safety	ATOMOS プロジェクト
BRM	Bridge Resource Management	ブリッジ・リソース・マネジメント
COLREG	IMO Sub-Committee on Radiocommunication and Search and Rescue	IMO 無線通信 ・ 捜索救助小委員会
DNV	Det Norske Veritas	ノルウェー船級協会
DGPS	Differential Global Positioning System	ディファレンシャル GPS
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System	海上における遭難及び安全に関する世界的な制度
DPS	Dynamic Positioning System	自動位置保持システム
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System	電子海図表示システム
EEA	European Economic Area	欧州経済領域
EMI	Electro Magnetic Interference	電磁妨害
EMSA	European Maritime Safety Agency	欧州海事安全庁
ENC	Electronic Navigation Chart	電子海図
EPA	Electronic Plotting Aid	電子プロッター
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacon	衛星非常用位置指示無線標識
ERA	European Research Area	欧州研究圏
ESA	European Space Agency	欧州宇宙局
EU	European Union	欧州連合
FP	Framework Programme	EU フレームワーク・プログラム
FP	IMO Sub-Committee on Fire Protection	IMO 防火小委員会
FSA	Formal Safety Assessment	公式安全性評価
GNSS	Global Navigation Satellite System	全世界衛星航法システム、衛星測位システム
GPS	Global Positioning System	船位測定装置
HEAP	Human Element Analysing Process	ヒューマン・エレメント分析プロセス
HRA	Human Reliability Assessment	人間信頼性評価
HSC	High-Speed Craft	高速船
IACS	International Association of Classification Societies	国際船級協会連合
IALA	International Association of Aids to Navigation and Lighthouse Authorities	国際航路標識協会
IBS	Integraed Bridge System	統合船橋システム、統合ブリッジ・システム
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IHO	International Hydrographic Office	国際水路機関
ILO	International Labour Organisation	国際労働機関
IMO	International Maritime Organisation	国際海事機関
IMPA	International Marine Pilots Association	国際パイロット協会
INS	Integrated Navigation System	統合航法システム
ISM Code	International Safety Management Code	国際安全管理規約、ISM コード
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ISPS Code	International Ship and Port Security Code	船舶・港湾施設保安規約、ISPS コード
LRIT	Long Range Identification and Tracking	船舶長距離識別追跡システム
LR	Lloyd's Register	英国ロイド船級協会
MAIB	Marine Accident Investigation Branch	英国海難事故調査部
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships	海洋汚染防止条約
MCA	Maritime and Coastguard Agency	英国海事沿岸警備庁
MEPC	Marine Environment Protection Committee	海事環境保全委員会
MSC	Maritime Safety Committee	IMO 海上安全委員会
NAV	IMO Sub-Committee on Safety of Navigation	IMO 航海安全小委員会
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	経済協力開発機構
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea	IMO 海上人命安全条約
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers	船員の訓練及び資格証明ならびに当直に関する国際条約
VDR	Voyage Data Recorder	航海データ記録装置
VTS	Vessel Traffic Services	船舶通航業務